ISSN 0187-7151

ACTA BOTANICA MEXICANA

núm. 19 *Septiembre 1992*

Análisis Fitosociológico de los saladares y manglares de Baja California, México
1 J. Delgadillo, M. Peinado, M. de la Cruz, J. M. Martínez-Parras y F. Alcaraz

Algas marinas bentónicas de Isla Mujeres, Quintana Roo, México
37 A. C. Mendoza-Gonzalez y L. E. Mateo-Cid

Termorregulación y eficiencia de intercepción de luz en *Opuntia pilifera* Weber (Cactaceae)
63 Z. Cano-Santana, C. Cordero y E. Ezcurra

Zeugites capillaris (Poaceae: Centothecoideae) Nuevo registro para Veracruz
73 M. T. Mejia-Saules y G. Castillo-Campos

Adiciones a la flora marina del caribe mexicano
77 L. E. Aguilar Rosas, M. A. Aguilar Rosas, A. Gomez Pedroso Cedillo y J. A. Fernández Prieto

Instituto de Ecología A.C.

CONACYT

CONSEJO EDITORIAL INTERNACIONAL

William R. Anderson	University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, E.U.A.
Sergio Archangelsky	Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernandino Rivadavia" e Instituto Nacional de Investigación de las Ciencias Naturales, Buenos Aires, Argentina
Ma. de la Luz Arreguín-Sánchez	Instituto Politécnico Nacional, México, D.F. México
Henrik Balslev	Aarhus Universitet, Risskov, Dinamarca
John H. Beaman	Michigan State University, East Lansing, Michigan, E.U.A.
Antoine M. Cleef	Universiteit van Amsterdam, Kruislaan, Amsterdam, Holanda
Alfredo R. Cocucci	Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina
Harmut Ern	Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, Berlin, Alemania
Oswaldo Fidalgo	Instituto de Botanica Sao Paulo, Brasil
Paul. A. Fryxell	Texas A&M University, College Station, Texas, E.U.A.
Ma. del Socorro González	Instituto Politécnico Nacional Durango, México
Gastón Guzmán	Instituto de Ecologia, Mexico, D.F., México
Efraim Hernández Xolocotzi	Colegio de Post-graduados, Chapingo, Estado de México, México
Laura Huerta	Instituto Politécnico Nacional, México, D.F., México
Armando T. Hunziker	Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina
Hugh H. Iltis	University of Wisconsin, Madison, Wisconsin, E.U.A.
Jan Kornas	Uniwersytet Jagiellonski Kraków, Polonia
Antonio Lot	Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F., México
Alicia Lourteig	Museum National d'Histoire Naturelle, Paris, Francia
Miguel Angel Martínez Alfaro	Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., México

Acta Botánica Mexicana (1992), 19:1-35

ANALISIS FITOSOCIOLOGICO DE LOS SALADARES Y MANGLARES DE BAJA CALIFORNIA, MEXICO

JOSE DELGADILLO
Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, B. C. México

MANUEL PEINADO
MARCELINO DE LA CRUZ
Departamento de Biología Vegetal. Universidad de Alcalá de Henares. 28871 Alcalá de Henares (Madrid), España

JOSE Mª MARTINEZ-PARRAS
I.B. Luca de Tena, Sevilla, España

FRANCISCO ALCARAZ
ANTONIO DE LA TORRE
Departamento de Biología Vegetal. Universidad de Murcia, España

RESUMEN

Se realiza un estudio fitosociológico de las comunidades de plantas vasculares existentes en los saladares y manglares de la península de Baja California. Aplicando la metodología fitosociológica sigmatística se han reconocido un total de 16 asociaciones, para cada una de las cuales se comentan diversos aspectos dinámicos, estructurales, ecológicos, biogeográficos, florísticos y sintaxonómicos. Además, se discute la zonación existente en los saladares y manglares estudiados.

ABSTRACT

A phytosociological study of Baja Californian salt marshes and mangroves is made. The sigmatistic phytosociological approach is used to describe the zonation of sixteen recognized associations and to define the optimum zone of several halophilous plants and communities. Ecological, structural and biogeographical data are provided for every association, and its syntaxonomical position is discussed.

INTRODUCCION

El objetivo de este trabajo es mostrar el análisis fitosociológico realizado sobre las comunidades de plantas vasculares de los saladares y manglares existentes en ambas costas de la península de Baja California. La revisión bibliográfica realizada pone de relieve que aunque existen numerosos trabajos acerca de la autoecología, sinecología y ecofisiología de plantas y comunidades existentes en los saladares de las costas de California y, en general, en las costas del Pacífico (Macdonald, 1988; Macdonald & Barbour,

1974; Rzedowski, 1978), hasta la fecha no se han realizado estudios fitosociológicos sigmatísticos de las comunidades que aparecen en estos frágiles ecosistemas.

La fitosociología sigmatista o de Zurich-Montpellier es una metodología de análisis de la vegetación que se ha aplicado con profusión en todo el mundo (Braun-Blanquet, 1968; Westhoff & van der Maarel, 1973; Whittaker, 1973); pese a ello, y por razones históricas que aparecen sumarizadas en Whittaker (1973), esta metodología no ha sido desarrollada en Norteamérica, excepción hecha del Canadá donde se ha introducido gracias a la escuela fitosociológica francesa. Algunos ecólogos estadounidenses han puesto de relieve la necesidad de aplicar la metodología fitosociológica para la clasificación de las comunidades norteamericanas (Major: In Barbour & Major, 1988: 1004; Rundel & Vankat, 1989: 128). Por otra parte, de acuerdo con Chapman (1960: 11), el sistema Zurich-Montpellier representa el mejor método para el estudio de la vegetación de saladares.

Con el propósito de clasificar las comunidades vegetales del suroeste de Norteamérica aplicando el método fitosociológico, iniciamos en 1989 una línea de investigación cuyos primeros resultados se presentan ahora. Con anterioridad (Peinado et al., 1992, en prensa) se ha realizado una descripción de las asociaciones vegetales existentes en los saladares californianos; en ese artículo se realizaron diversas propuestas sintaxonómicas que son ahora aplicadas al estudio de los saladares y manglares bajacalifornianos. Estos ecosistemas bajacalifomianos han merecido poca atención hasta la fecha y, en la mayoría de los casos, sólo han sido mencionados en obras generales sobre la vegetación de los desiertos de Baja California (cf. Rzedowski, 1978). Sobre la zonación de los saladares del estuario del río Tijuana han publicado Zedler (1975, 1977), y Zedler & Nordby (1986), mientras que los saladares de la bahía de San Quintín han sido trabajados por Dawson (1962) y Neuenschwander et al. (1979). Estas son las principales referencias existentes acerca del objeto de este trabajo.

MATERIAL Y METODOS

La zona de estudio se extiende desde el estuario del río Tijuana (32° 35' N, 117° 07' W), en San Diego County, California (aproximadamente a 5 km al norte de la frontera con Baja California), hasta el Llano de Magdalena (24° N), en Baja California Sur. Se incluyen también en este trabajo las costas del Golfo de California situadas al norte de los 24°. Aunque el trabajo se centra principalmente en los saladares incluidos en estos límites, se han muestreado también otras zonas alejadas del área, con objeto de obtener datos comparativos precisos de determinadas comunidades.

La mayor parte de los saladares descritos en este artículo se incluyen en la zona climática en la cual la evaporación anual excede a la precipitación, y pertenecen a los grupos fitogeográficos Mediterráneo seco y árido, descritos por Macdonald (1976), los cuales presentan una originalidad florística y ecológica acusada y guardan evidentes similitudes con otros ecosistemas de saladares de tipo mediterráneo estudiados por algunos de los autores (Alcaraz, 1984; Alcaraz et al., 1989; Peinado & Martínez-Parras, 1985; Peinado, Alcaraz & Martínez-Parras, 1992). El límite meridional se estableció en el paralelo 24 porque al sur de éste comienzan a aparecer los ecosistemas tropicales y los saladares ceden su lugar a los manglares.

Las localidades estudiadas aparecen en el pie de los correspondientes cuadros fitosociológicos. En cada una de las localidades se analizaron diversos parámetros: zonación, composición florística, medidas microtopográficas y análisis fitosociológico. La zonación fue interpretada mediante transectos levantados desde la línea de marea hasta el límite de la vegetación halófila tierra adentro. A lo largo de los transectos se seleccionaron varias parcelas en función de su homogeneidad ecológica detectada por la uniformidad florística. La elección del tamaño de las parcelas descansó en el concepto del área mínima, definida como un área representativa desde el punto de vista florístico y cuyo tamaño depende del número de especies, del tamaño de los individuos y de su forma de agrupamiento. Con este criterio, el área de cada parcela muestreada oscila desde un metro cuadrado para las comunidades florísticamente muy homogéneas y dominadas por plantas de pequeña talla, hasta más de un centenar de metros cuadrados para el caso de los ecosistemas forestales del manglar.

En cada parcela se tomaron los siguientes datos: estimación de la cobertura total de la comunidad y de cada planta, altura media de la vegetación, estado biotípico y fenológico de las plantas dominantes, y se realizó un inventario fitosociológico. La base fundamental de este trabajo es el análisis fitosociológico según los conceptos, términos y métodos de la escuela fitosociológica de Zurich-Montpellier, para la descripción y clasificación de la vegetación.

La descripción de las asociaciones (cuadros 4-16), fue realizada mediante el análisis de los inventarios florísticos, en los cuales cada especie fue valorada con dos índices: abundancia-cobertura y sociabilidad. La abundancia es una estimación del número de individuos de cada especie existentes en la parcela inventariada. El grado de cobertura fue estimado como la proyección vertical de todas las partes aéreas de los individuos de cada especie, reflejándose como un porcentaje del área total de la parcela. El índice de abundancia-cobertura fue calculado simultáneamente en una sola estimación combinada (Braun-Blanquet, 1968), cuyos valores son los siguientes:

+ = planta escasa con un valor de cobertura muy pequeño,
1 = individuos bastante abundantes pero con baja cobertura,
2 = individuos muy abundantes con cobertura escasa o bien cubriendo menos de 1/4 de la superficie muestreada,
3 = cualquier número de individuos, pero cubriendo entre 1/4 y 1/2 de la superficie,
4 = cualquier número de individuos, pero cubriendo entre 1/2 y 3/4 de la superficie,
5 = cualquier número de individuos, pero cubriendo más de 3/4 de la superficie.

La sociabilidad es la forma de agruparse los individuos de una especie dada en cada parcela. En los estudios sociológico-florísticos, la sociabilidad es estimada con la escala de Braun-Blanquet (1968). Así, en un inventario, cada especie va acompañada de dos índices: el primero es el grado de abundancia-cobertura, mientras que el segundo es el grado de sociabilidad, estimado de acuerdo con los siguientes índices:

1 = individuos aislados,
2 = individuos creciendo en pequeños grupos,
3 = individuos creciendo en grupos mayores (pequeños rodales o almohadillas),
4 = individuos creciendo en colonias o rodales extensos,
5 = grandes poblaciones de la misma especie.

El valor de cada especie en asociaciones diferentes ha sido ponderado por el grado de presencia y cobertura. El índice de presencia (cuadros 2, 3) pone de relieve la aparición de un taxon en una comunidad, calculado en porcentaje (n/N x 100), siendo n el número de inventarios en que aparece el taxon en una comunidad y N el número total de inventarios de la comunidad. Los porcentajes obtenidos se han expresado mediante la escala de seis valores de Braun-Blanquet modificada por Géhu & Rivas-Martínez (1981), expresada en números romanos:

V = Especie presente entre 81 y 100% de los inventarios,
IV = Especie presente entre 61 y 80% de los inventarios,
III = Especie presente entre 41 y 60% de los inventarios,
II = Especie presente entre 21 y 40% de los inventarios,
I = Especie presente entre 11 y 20% de los inventarios,
+ = Especie presente en menos de 11% de los inventarios.

Los índices de esta escala van acompañados del valor de cobertura. El valor de cobertura de cada especie en las diferentes asociaciones recogidas en el cuadro 2 fue medido aplicando la fórmula C=(Q/R) x 100, donde C es el valor de cobertura, Q es la suma de los porcentajes de cobertura de una especie en cada inventario y R es el número de inventarios realizados de cada asociación.

Además del análisis florístico-ecológico de los inventarios, se realizó un análisis de grupos (cluster) para verificar la clasificación fitosociólogica. Las técnicas empleadas y los resultados obtenidos en este análisis aparecen en Peinado et al. (1992).

La nomenclatura de las plantas está de acuerdo con Wiggins (1980), excepto en el caso de la taxonomía de Salicorniaceae en la que seguimos a Scott (1977). Por otra parte, la distribución geográfica de los halófitos californianos que aparece en Macdonald & Barbour (1974), ha sido de gran ayuda para estimar la corología de las diferentes comunidades o sintáxones. La nomenclatura de estos es acorde con las reglas del Código Internacional de Nomenclatura Fitosociológica (Barkman, Moravec & Rauchert, 1986).

RESULTADOS

Sucesión y zonación en ecosistemas halófilos

Una de las características más sobresalientes de la vegetación de saladares es su frecuente división en diferentes zonas. Estas zonas son la consecuencia de los procesos de zonación y sucesión, siendo esta última la expresión temporal de la dinámica de las comunidades, mientras que la zonación es la expresión espacial de esa dinámica.

La zonación en este tipo de ecosistemas dominados por halófitos parece ser un fenómeno de jurisdicción universal, según se desprende de la obras de Chapman (1960) y Adams (1991). La zonación de especies y comunidades de plantas ha sido descrita tanto en Europa (Alcaraz et al., 1989; Beeftink, 1977; Beeftink & Géhu, 1973; Christiansen, 1955; Géhu & Géhu-Franck, 1984; Géhu & Rivas-Martínez, 1983; Gillham, 1957; Nordhagen, 1944; Peinado & Martínez Parras, 1985; Peinado, Alcaraz & Martínez Parras, 1992; Richards, 1934; Rivas-Martínez et al., 1980, 1984, etc.) como en el este de Norteamérica

(Adams, 1963; Anderson, 1974; Grandtner, 1976, 1984; Johnson & York, 1915; Miller & Egler, 1950; Taylor, 1938, etc.) y a escala mundial (Chapman, 1934, 1960, 1974; Den Hartog, 1970; Ranwell, 1972; Reimold & Queen, 1974; Waisel, 1972). Pese a ello y debido a la escasez de datos cuantitativos (Macdonald, 1988: 283) existe una cierta controversia acerca de la existencia o no de una zonación en los saladares del Pacífico.

Purer (1942) sugirió por primera vez la existencia de tres áreas principales de plantas dentro de los saladares de San Diego County, California; las zonas definidas por Purer fueron denominadas como saladares bajo, medio y alto (Mudie, 1970). Vogl (1966), utilizando la frecuencia de especies y los datos de cobertura en saladares de Newport Bay, definió tres zonas de vegetación (alta, media y baja) en los saladares de California. Por su parte Macdonald (1969) caracterizó la zonación de los saladares de Mission Bay, en San Diego County, a través de la duración de los periodos de inundación y exposición de la máxima marea en sucesivas elevaciones. Posteriormente, trabajos sobre los saladares de Baja California (Thorsted, 1972; Neuenschwander, Thorsted & Vogl, 1979) han reconocido la existencia de estas tres zonas, que son semejantes a las descritas para California por Ferren (1985), Henrickson (1976), Mahall & Park (1976a), Mudie (1970), Zedler (1982) y Zedler & Nordby (1986).

Por nuestra parte, hemos podido comprobar que la zonación existente en los saladares de California y Baja California (excepción hecha en este último territorio de los manglares) es del todo análoga a la presente en los territorios europeos que tienen un clima de sequía estival y lluvias invernales semejante al que domina en el suroeste de Norteamérica. Como en el caso de otros ecosistemas existentes en el suroeste de Norteamérica y en el Mediterráneo europeo, se trata a todas luces de un fenómeno de convergencia ecológica de base fundamentalmente climática.

En este trabajo se pone de relieve la existencia de una clara zonación de comunidades dentro de los saladares, en especial en la zona comprendida entre los niveles máximo (NAP) y mínimo (NBP) alcanzados por el agua durante la pleamar. En los cuadros 2 y 3 se refleja la distribución de las diferentes asociaciones de plantas, cuya área se corresponde con distintas zonas del saladar; aunque dentro de éste no existe una zonación de comunidades uniformes separadas por abruptas fronteras, la separación entre las áreas de las diferentes comunidades - delimitadas entre sí por ecotonos progresivamente cambiantes - puede detectarse gracias a la dominancia de una o dos especies, que alcanzan su máxima vitalidad en determinada zona. Estas especies han sido consideradas como características de cada asociación de las descritas más abajo.

La zonación de las marismas, esteros y saladares bajacalifornianos extratropicales puede resumirse de la siguiente forma: la marisma baja está ocupada por dos asociaciones dominadas por perennes, *Spartinetum foliosae* y *Sarcocornietum pacificae*. La primera asociación se extiende desde el límite inferior del saladar, que se encuentra en el nivel más bajo alcanzado por el agua durante la pleamar (NBP); es decir, la zona de *Spartina foliosa* empieza por encima del nivel inferior del área intermareal expuesta cada 24 hrs (Macdonald, 1988). Por debajo de este nivel, la turbidez del agua impide la entrada de luz para una óptima actividad de la fotosíntesis y, por consiguiente, no puede prosperar *Spartina foliosa* (Hubbard, 1969; Grisswold, 1988). Debajo del NBP domina la vegetación fanerogámica que alcanza mayores profundidades: las comunidades de *Zostera marina*, las cuales se extienden aproximadamente entre el NBP y el nivel más bajo de bajamar (NBB).

De esta forma, los saladares emergen sobre arenas y lodos habitados comúnmente por organismos bentónicos y cubiertos por algas y zosteras. Las poblaciones de *Zostera marina* retardan la erosión por el flujo de la marea, de lo que resulta una continua y cada vez mayor acumulación de sedimentos; como, por otra parte, las raíces extensivas de *Zostera marina* protegen la acumulación de estos sedimentos frente a la erosión, se inicia así la colonización sucesional de las aguas próximas al litoral, que culminará en la zonación halófila terrestre.

Una vez estabilizados los sedimentos pueden instalarse las comunidades de *Spartina foliosa*, que forman una banda cerrada por encima del NBP, delimitando una zona extremadamente húmeda aun en la bajamar, la cual se extiende hasta aproximadamente 30-40 cm por arriba del nivel medio del mar (NMM). A alturas superiores, entre los 40-60 cm, cerca ya del NAP, es posible la existencia de individuos aislados de *Spartina foliosa* (cuadro 2, columna 2; cuadro 3, columnas 2, 3), pero en estos niveles sobre el NMM se hacen cada vez más frecuentes los caméfitos suculentos del *Sarcocornietum pacificae*. Estos inventarios indican el ecotono entre las asociaciones *Spartinetum foliosae* y *Sarcocornietum pacificae*.

Varios autores han trabajado sobre la autoecología de *Spartina foliosa* y *Sarcocornia pacifica* y sobre los ecotonos entre el área ocupada por ambas especies (Adams, 1963; Barbour, 1970; Barbour & Davis, 1970; Grisswold, 1988; Mahall & Park, 1976a, b, c; Macdonald, 1988; Phleger, 1971; Purer, 1942; Zedler, 1975, 1982) y han demostrado que *S. foliosa* tolera períodos muy largos de inundación pero soporta menos la salinidad que *S. pacifica*. Como la salinidad se incrementa tierra adentro, el *Sarcocornietum pacificae* sustituye progresivamente al *Spartinetum foliosae*. Grisswold (1988) sugiere que las condiciones extremas para *S. foliosa* en California son la hipersalinidad y la sequía.

De acuerdo con nuestros datos, la salinidad parece ser un factor limitante fundamental, habida cuenta que el límite superior alcanzado por *S. foliosa* en los saladares californianos coincide con la media de los NAP, una zona donde la salinidad alcanza sus valores máximos (Chapman, 1960; Macdonald, 1988; Mudie, 1970; Ranwell, 1972; Mahall & Park, 1976b). En estos niveles comienza a dominar el *Sarcocornietum pacificae*, el cual se extiende hasta unos 70 cm por encima del NMM. El incremento de la salinidad del agua tierra adentro (alrededor del NAP) puede resultar aparentemente contradictorio, pero está relacionado con el fenómeno encontrado por Lindberg & Harris (1973) de que el agua de las mareas altas tiende a ser más salina que la de las mareas bajas.

Spartinetum foliosae y *Sarcocornietum pacificae* son las comunidades dominantes en las zonas más bajas de los saladares; no obstante, los espacios abiertos existentes en el área de ambas asociaciones son colonizados por comunidades monoespecíficas de *Salicornia bigelovii*. Las comunidades de terófitos crasicaules, con aspecto y ecología idénticos al *Salicornietum bigelovii* del sur de California y Baja California, son frecuentes en los saladares mediterráneos y atlánticos, y se incluyen en la clase *Thero-Salicornietea*, que agrupa a la vegetación pionera que habita lagunazos intermareales, fangos litorales inundados y microdepresiones encharcadas que son tan frecuentes en marismas y saladares.

Spartinetum foliosae, Salicornietum bigelovii y *Sarcocornietum pacificae* son las tres asociaciones que constituyen el denominado saladar bajo por los autores norteamericanos antes mencionados. Por detrás de esta zona, alrededor de los 70-90 cm por encima del NMM, empieza el saladar medio, dominado también por *Sarcocornia pacifica*; sin embargo,

esta especie aparece en biótipo erecto en esta zona, a diferencia del biótipo postrado que presenta en el saladar bajo. La forma biológica rastrera es característica de las especies de *Sarcocornia* de los niveles bajos de los saladares europeos (*S. perennis y S. alpini*), mientras que el biótipo erecto es propio de *S. fruticosa*, la más frecuente de las especies europeas en la parte media de esos saladares. El hábito postrado parece ser, indudablemente, una adaptación a tolerar las inundaciones y el embate directo de las mareas.

Hay otra gran diferencia entre la partes más bajas y medias de los saladares; el saladar bajo está pobremente diversificado debido a que las condiciones ambientales son muy extremas y sólo *S. pacifica* puede tolerarlas (también *Batis maritima* en los saladares del sur de California y de toda Baja California). Por encima de esta zona baja, la inundación de la marea es corta -menos de 6 hrs- durante varios días consecutivos, que van seguidos por varias semanas o meses de exposición continua. Puesto que la salinidad disminuye también en estas elevaciones, las condiciones ambientales resultan más favorables para las plantas y, en consecuencia, la diversidad florística se incrementa (cf. cuadro 3).

Por ello, numerosas plantas aparecen por primera vez en la parte media del saladar: *Limonium californicum*, *Jaumea carnosa*, *Frankenia grandifolia*, *Cuscuta salina*, etc., que son las especies características de los niveles medios y altos de estos ecosistemas halófilos. La asociación *Frankenio-Sarcocornietum pacificae* es la comunidad característica del saladar medio.

Por detrás del saladar medio, alrededor de los 90-100 cm por encima del NMM, empieza el saladar alto, una zona normalmente seca, pero que puede inundarse cuando las tormentas coinciden con las mareas más altas de primavera (Zedler & Nordby, 1986). Dado que la evaporación supera a la precipitación a partir de los 37°N y aumenta cada vez más hacia el sur, se produce una acumulación superficial de sales en el suelo acompañada de extrema sequía estival, que componen un hábitat que sólo algunos halófitos pueden soportar: *Distichlis spicata, Monanthochlöe littoralis, Cressa truxillensis y Arthrocnemum subterminale*; estas especies son las características del saladar alto. En esta zona del saladar, los suelos son eurihalinos (e.d. presentan fluctuaciones de salinidad estacional), debido al balance característico precipitación-evaporación causado por el suave y húmedo invierno que contrasta con los veranos calientes y secos (Callaway et al., 1990; Volleberg & Congdon, 1986; Westhoff & Schouten, 1979).

Así, puesto que las condiciones medioambientales han cambiado por completo en el saladar alto, aparecen aquí nuevas comunidades; además de las asociaciones dominantes (*Jaumeo carnosae-Distichlidetum spicatae* en los suelos de textura arenosa; *Monanthochloo littoralis-Arthrocnemetum subterminalis*, en los de textura arcillosa), aparecen por primera vez las comunidades de terófitos halonitrófilos del *Gassouletum crystallino-nodiflori*. Un fenómeno similar ocurre en los saladares mediterráneos europeos en donde, además de estas comunidades de terófitos con idéntica composición florística, las plantas dominantes son también gramíneas (*Puccinellia* spp. div., *Aeluropus littoralis*) y caméfitos crasicaules (*Arthrocnemum macrostachyum*).

El saladar alto se extiende varios metros tierra adentro por detrás de la línea de detritus depositados por las mareas más altas; su extensión hacia el interior depende de la profundidad del agua salada subterránea, porque la aparición de laderas o desniveles más o menos abruptos reduce las propiedades de subirrigación de las mareas, permitiendo el crecimiento de especies procedentes de los ecosistemas climácicos no halófilos. El límite

superior de los ecosistemas azonales halófilos bajacalifornianos se encuentra entre el nivel medio alcanzado durante la pleamar de primavera (NMPP), y unos metros por detrás del nivel más alto de la pleamar de primavera (NEPP), que está situado generalmente en los lugares donde los restos de las plantas son depositados en hileras durante el invierno (Beeftink, 1977).

La microtopografía es un factor ecológico esencial en la distribución de las diferentes comunidades dentro de la zonación de los saladares. Nuestras medidas de campo muestran que cambios en elevaciones de tan sólo 25 cm permiten pasar desde la zona media (*Frankenio-Sarcocornietum pacificae*) a la zona baja (*Spartinetum foliosae*). Estos datos confirman que cambios elevacionales de tan sólo 10 cm, pueden producir bruscas modificaciones en la composición florística y en la relación de dominancia, tal y como demostraron Mahall & Park (1976c) y Zedler (1975).

Por lo general el ecotono del saladar alto con la vegetación climácica es abrupto, aunque la mayoría de las veces este hecho es difícil de comprobar debido a que la zona de transición ha desaparecido por efecto de la presión humana. Sólo en algunos saladares bien conservados como los de Bahía San Quintín, B.C. y Laguna Ojo de Liebre, B.C.S., puede observarse una transición gradual entre la vegetación del saladar, la cual alcanza el extremo más alto del nivel de pleamar, y la vegetación de las llanuras arenosas o arcillosas de los desiertos alcalinos (*Allenrolfeetum occidentalis* y *Atriplici julaceae-Frankenietum palmeri*).

De la misma forma que los saladares del norte de Baja California guardan una estrecha relación ecológica, zonal y fisiognómica con sus vicariantes de la cuenca mediterránea, los manglares que aparecen en el centro y sur de la península están estrechamente relacionados con otros ecosistemas forestales del litoral de los trópicos. Los ecosistemas halófilos del litoral del sur de Baja California, tienen una gran influencia neotropical debido a la presencia del manglar, un tipo de comunidad forestal propia de mares cálidos; en Baja California las poblaciones de mangles tienen su límite septentrional alrededor de los 29°N, en la costa del Golfo de California cerca de Bahía de Los Angeles (Hasting, Turner & Warren, 1972); estas poblaciones han sido inventariadas también en el transcurso de este trabajo. Por el contrario, a lo largo del Pacífico los manglares quedan más al sur de la península, en las Islas Santa Margarita y Magdalena (24° 30'N).

En todo caso las poblaciones bajacalifornianas de manglar están muy cerca del límite septentrional de su área (Walter, 1977) y, en consecuencia, no presentan ni la riqueza florística de otros manglares meridionales que ha sido resumida por Waisel (1972) y Macnae (1967), ni la estructura macrofanerofítica de los manglares tropicales. Diversos autores han trabajado sobre la zonación de los manglares tropicales (Lugo & Snedaker, 1974; Davis, 1940; Thom, 1967, etc.) pero faltan las referencias sobre los manglares bajacalifornianos. Nuestras observaciones sobre la zonación del manglar en Baja California son plenamente coincidentes con la descrita por Rzedowski (1978) para el conjunto de México, excepción hecha de la ausencia de *Conocarpus erecta*. De acuerdo con esto, *Rhizophora mangle* es la especie que soporta más la inundación y los cambios de salinidad; *Laguncularia racemosa* aparece dentro de las poblaciones de *Rhizophora*, pero su óptimo se encuentra en zonas de aguas menos profundas, mientras que el mangle negro, *Avicennia germinans*, forma pequeños bosquetes en galería a lo largo de una línea interna, sobre suelos generalmente emergidos aunque susceptibles de ligeras inundaciones esporádicas.

En cuanto a su zonación, los manglares habitan la misma zona ocupada más hacia el norte por el saladar bajo. De acuerdo con Macdonald (1976) la colonización de la zona litoral por parte del manglar comienza con la estabilización de las barras de arena por *Spartina foliosa*, pero una vez iniciado el establecimiento de los elementos leñosos del manglar, se produce el desplazamiento de *Spartina*. Esta colonización previa por parte de *Spartina* no ha sido observada por nosotros. El saladar bajo está ocupado por el *Lagunculario racemosae-Rhizophoretum mangle*, una comunidad biespecífica de *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa*; por detrás de ésta se encuentra el *Lagunculario racemosae-Avicennietum germinantis*, una comunidad que coloniza actualmente las áreas bajas pobres en drenaje, alrededor del nivel más alto de pleamar (NAP). Bajo el dosel del manglar, en pozas intermareales, puede habitar el *Salicornietum bigelovii* acompañado de densas poblaciones de *Batis maritima*, que quedan emergidas durante la bajamar. La composición florística de estas comunidades de pequeñas crasicaules es la misma que la de *Salicornietum bigelovii* de los saladares septentrionales.

El *Lagunculario-Avicennietum germinantis* constituye el límite interno de la zonación del manglar cuando éste prospera en las playas, pero en otros ambientes puede aparecer la vegetación típica de saladar, con *Sarcocornia pacifica* (ahora en biótipo postrado) y *Batis maritima*; es decir se trata del contacto de la vegetación del manglar con el *Sarcocornietum pacificae* finícola. Tal transición saladar-manglar puede observarse en los inventarios (8 y 10 del cuadro 6, y 1 del cuadro 14). De esta forma parece claro que los ecosistemas de manglar aparecen en la zona ocupada por *Spartina foliosa* de los saladares septentrionales, es decir, en la zona inferior del saladar bajo.

Las especies de los saladares medios septentrionales (*Frankenia grandifolia, Limonium californicum, Jaumea carnosa*) están todas ausentes, y la transición con la vegetación más alta se produce a través de comunidades de *Arthrocnemum subterminale* y, más frecuentemente, a través del *Allenrolfeetum occidentalis*. Finalmente las áreas más altas cerca del manglar, pero fuera de la influencia de las mareas y de capas freáticas de agua, están habitadas por el *Maytenetum phyllanthoidis*, una comunidad forestal solamente influenciada por la brisa y vientos marinos.

En los cuadros 2 y 3, se muestran de manera clara las zonaciones comentadas. En el saladar bajo (SB) se distinguen dos subzonas, una inferior (SBI) y otra superior (SBS), con una separación neta entre ambas. *Spartina foliosa* está muy restringida al SBI; su moderada presencia en el *Sarcocornietum pacificae* del SBS se debe a los inventarios tomados en el ecotono *Spartinetum-Sarcocornietum*. *Spartinetum foliosae* es una asociación muy pobre en especies y todas ellas, salvo *Batis maritima*, son plantas ocasionales. La presencia de *B. maritima* se debe a que es un halófito eurioico que aparece prácticamente en todas las zonas de los saladares del sur de California.

La subzona SBS, está dominada por el *Sarcocornietum pacificae*, también de muy pobre diversidad florística; nuevamente es *B. maritima*, después de *Sarcocornia pacifica*, la especie más abundante. Como ocurre también en la subzona del *Spartinetum foliosae*, la presencia de *Salicornia bigelovii* indica pequeñas áreas con escaso drenaje dentro del saladar bajo.

Un aumento brusco en la diversidad aparece a partir de la parte media del saladar (SM), en donde surgen por primera vez un grupo de especies (*Jaumea carnosa, Limonium californicum, Frankenia grandifolia, Monanthochloë littoralis, Distichlis spicata* y *Cuscuta salina*), junto con *Sarcocornia pacifica* (biótipo erecto). Los grados de presencia y cobertura

de estas especies son muy importantes, mientras que faltan por completo los componentes del SB. Las especies que aparecen en el SM están también en el saladar alto (SS), pero con diferencias muy significativas. Por ejemplo, el grado de cobertura de *Sarcocornia pacifica* en el SS es comparativamente mucho más bajo que en el SM. Por el contrario, *Jaumea carnosa, Distichlis spicata* y *Frankenia grandifolia* alcanzan en SS sus máximos valores de presencia y cobertura. Por otro lado, *B. maritima* es muy rara (aparece solamente en microdepresiones) y *Salicornia bigelovii* falta por completo.

Tres especies muestran su óptimo en el SS, *D. spicata, Monanthochloë littoralis* y *Arthrocnemum subterminale*, esta última exclusiva de esta zona del saladar. Existe una diferencia muy notable en el SS, que está determinada por la textura del sustrato. La asociación *Monanthochloo-Arthrocnemetum subterminalis*, caracterizada por las especies *M. littoralis* y *A. subterminale*, se instala sobre los suelos arcillosos compactos; *Distichlis spicata*, una especie ampliamente distribuida en el saladar medio y alto, existe también en esa asociación; sus valores de presencia y cobertura aumentan considerablemente, hasta hacerse la especie dominante, en las comunidades instaladas sobre los suelos arenosos del SS (*Jaumeo-Distichlidetum spicatae*), en la cual *M. littoralis* y *A. subterminale* faltan por completo. También es significativa la ausencia de *B. maritima*, una especie que no prospera en sustratos arenosos bien drenados por la escasez de humedad en los horizontes superiores del suelo. *Cressa truxillensis, Atriplex watsonii, A. hastata* y otras son también características del saladar alto, pero siempre como plantas ocasionales con bajos grados de cobertura. Finalmente, el SS se caracteriza por la presencia de un gran número de plantas anuales: *Spergularia marina, Parapholis incurva, Gassoul crystallinum, G. nodiflorum, Lasthenia glabrata, Amblyopappus pusillus*, etc.; esta aparición de plantas efímeras es una característica de los saladares mediterráneos.

El análisis fitotopográfico (Bolòs, 1963; Peinado, 1983; Rivas-Martínez et al., 1980; Tüxen, 1978), permite resumir fácilmente el sinecosistema de los saladares de las costas de Baja California. El término sinecosistema expresa un conjunto de ecosistemas (es decir, de sinasociaciones en el sentido de Rivas-Martínez, 1978), que se encuentran en zonación, o lo que es lo mismo, separados por un gradiente ecológico cualquiera. La zonación de cada saladar es, bajo este punto de vista, una geosigmasociación, es decir una serie de sinasociaciones (Tüxen, 1978).

En las figuras 1 y 2, se muestra la vegetación de los saladares del Pacífico y Golfo de Baja California en dos transectos representativos. En el cuadro 3 aparece la distribución de las principales asociaciones estudiadas agrupadas por zonas; cada columna corresponde a una asociación (los códigos de asociaciones y zonas de los saladares aparecen en el cuadro 1). Cada especie va acompañada de dos índices: el de presencia (números romanos), y el de cobertura. De los cuadros han sido eliminadas las especies ocasionales o accidentales. El paisaje vegetal de estos sinecosistemas se puede resumir en las siguientes geosigmasociaciones:

A.- Vegetación del Sur de California y Norte de Baja California: Esta geosigmasociación (G1; Fig. 1) empieza en el Estuario del Río Tijuana y se extiende hacia el sur a lo largo de la costa del Pacífico hasta los 24° 30'N, en donde empieza la transición con la zonación del manglar. En las costas del sur de Baja California (Vizcaíno y Llano de Magdalena), el saladar alto puede incluir las comunidades *Allenrolfeetum occidentalis* (6) y *Atriplici julaceae-Frankenietum palmeri* (7), ambas propias de suelos alcalinos.

Cuadro 1. Tipos de asociaciones y zonas de los saladares identificados en el área estudiada, con los códigos abreviados utilizados en los cuadros 2 y 3.

CODIGO	ASOCIACIONES
ALL	*Allrenrolfeetum occidentalis*
AFR	*Atriplici-Frankenietum palmeri*
FRA	*Frankenio-Sarcocornietum pacificae*
JAD	*Jaumeo-Distichlidetum spicatae*
JUN	*Frankenio-Juncetum acuti*
LAR	*Lagunculario-Rhizophoretum mangle*
LAV	*Lagunculario-Avicennietum germinantis*
MAY	*Maytenetum phyllanthoidis*
MOA	*Monanthochloo-Arthrocnemetum subterminalis*
SAB	*Salicornietum bigelovii*
SAR	*Sarcocornietum pacificae*
SPA	*Spartinetum foliosae*
SUA	*Suaedetum moquinii*
ZOS	*Zosteretum marinae*
	ZONAS Y SUBZONAS
SB	Saladar bajo
SBI	Saladar bajo (subzona inferior)
SBS	Saladar bajo (subzona superior)
SM	Saladar medio
SS	Saladar alto
ZT	Zona de transición saladar-vegetación climácica
VT	Vegetación climácica

G1: *Zosteretum marinae* (1): *Spartinetum foliosae* (2): *Salicornietum bigelovii*: *Sarcocornietum pacificae* (3): *Frankenio grandifoliae-Sarcocornietum pacificae* (4): *Jaumeo carnosae-Distichlidetum spicatae: Monanthochloo littoralis-Arthrocnemetum subterminalis* (5).

B.- Vegetación Neotropical del Sur de Baja California: Esta geosigmasociación (G2; Fig. 2) empieza a los 24° 30'N en el Pacífico y a los 27° N en las costas del Golfo. *Maytenetum phyllanthoidis* (5) es una asociación común en lugares expuestos a la maresía.

G2: *Lagunculario racemosae-Rhizophoretum mangle* (1): *Lagunculario racemosae-Avicennietum germinantis* (2): *Salicornietum bigelovii: Sarcocornietum pacificae* (3): *Allenrolfeetum occidentalis* (4): *Frankenion palmeri* (6).

Descripción de las comunidades

La descripción de las comunidades se ha realizado de acuerdo al método fitosociólogico de los inventarios (Braun-Blanquet, 1964; Géhu & Rivas Martínez, 1981; Westhoff & van der Maarel, 1973). Aunque el número de inventarios realizados en los saladares bajacalifornianos es de 163, en los cuadros de asociación se incluye un máximo

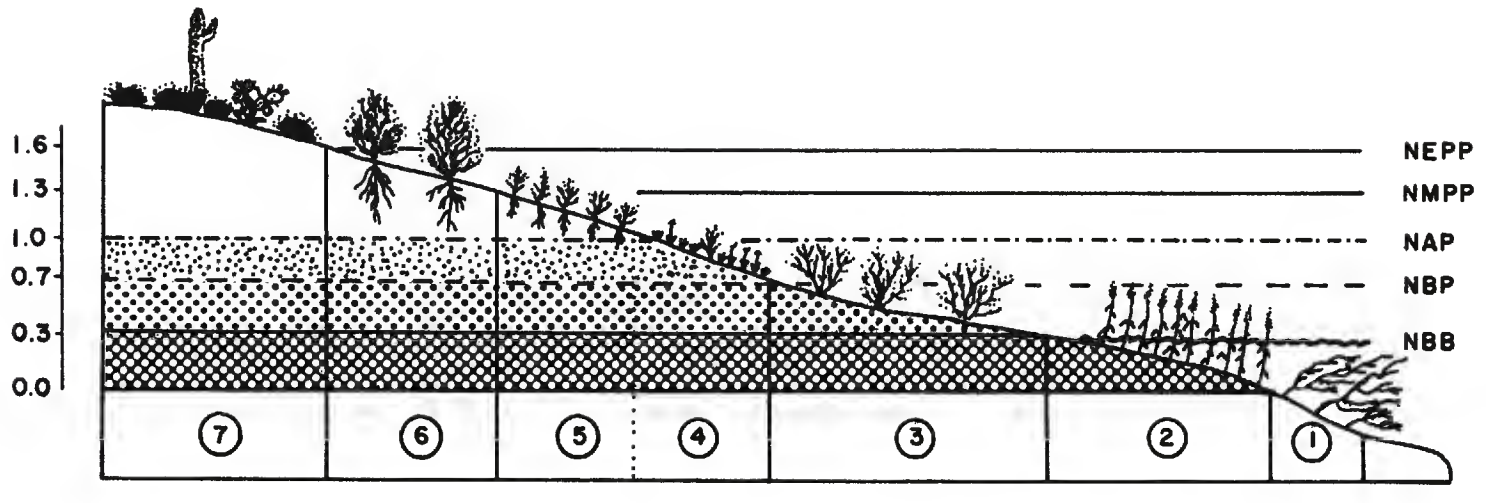

Fig. 1. Zonación en los saladares del norte de Baja California (Vizcaíno). Códigos de las zonas en cuadro 1 y texto. 1: *Zosteretum marinae*; 2: *Spartinetum foliosae*; 3: *Sarcocornietum pacificae*; 4: *Frankenio grandifoliae-Sarcocornietum pacificae*; 5: *Monanthochloo-Arthrocnemetum subterminalis*; 6: *Allenrolfeetum occidentalis*; 7: *Atriplici-Frankenietum palmeri*. NBB: Nivel más bajo de la bajamar; NBP: nivel más bajo de la pleamar; NAP: nivel más alto de la pleamar; NMPP: nivel medio de la pleamar de primavera; NEPP: nivel más alto de la pleamar de primavera.

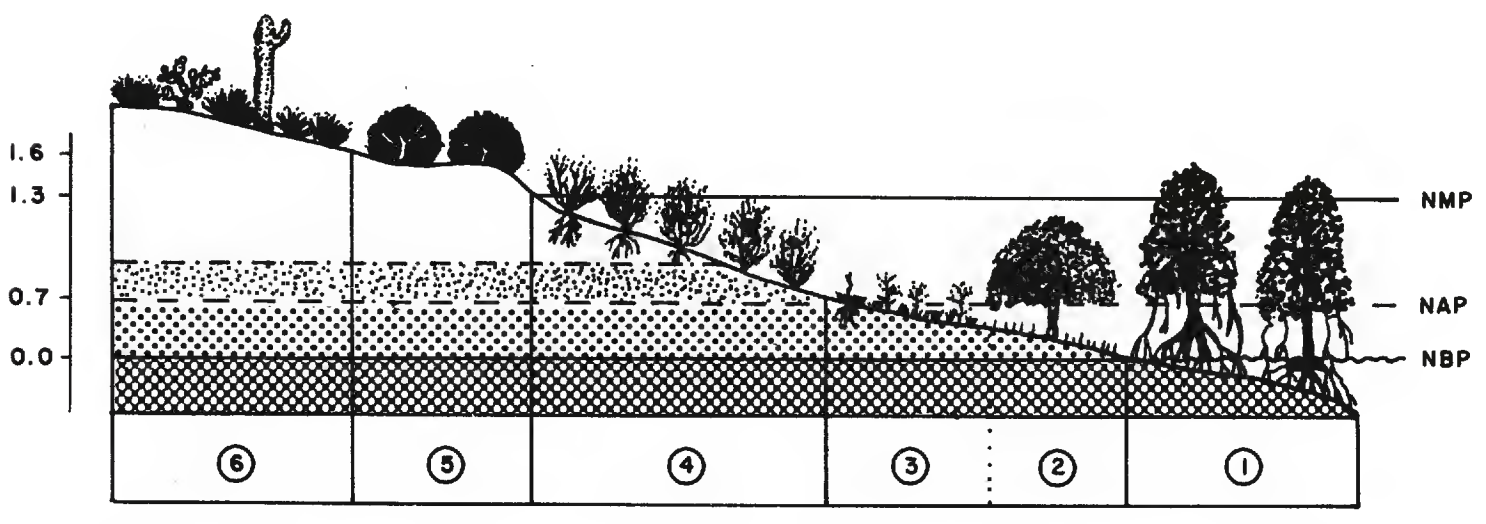

Fig. 2. Zonación en los saladares del sur de Baja California (zona de influencia tropical). Códigos de las zonas y de los niveles alcanzados en cuadro 1 y texto. 1: *Lagunculario-Rhizophoretum mangle*; 2: *Lagunculario-Avicennietum germinantis*; 3: *Sarcocornietum pacificae*; 4: *Allenrolfeetum occidentalis*; 5: *Maytenetum phyllanthoidis*; 6: *Atriplici-Frankenietum palmeri*. NBP: nivel más bajo de la bajamar; NAP: nivel más alto de la pleamar; NMPP: nivel medio de la pleamar de primavera.

de diez; cada especie va acompañada de los índices de abundancia-cobertura y sociabilidad (véase Material y Métodos). Además, en los cuadros 2 y 3 puede observarse el grado de presencia de cada especie en cada asociación. Algunas asociaciones pueden incluirse fácilmente dentro del esquema sintaxonómico de comunidades europeas (e.g., *Thero-Salicornietea*, *Saginetea maritimae*, *Zostera marinae* y *Ruppietea maritimae*). La propuesta de un esquema sintaxonómico para las comunidades exclusivamente norteamericanas requiere todavía estudios comparativos más extensos.

Cuadro 2. Zonación (entre los niveles más alto y más bajo de la pleamar) de las comunidades halófilas perennes de los saladares del suroeste de Norteamérica expresada por los índices de cobertura (C=(Q/Rx 100) y de presencia (números romanos).

Asociación	*SPA*	*SAR*	*FRA*	*JAD*	*MOA*
Zonas	SBI	SBS	SM	SS	SS
No. de inventarios	12	26	20	25	22
No. de especies	5	4	10	11	14
Especies					
Spartina foliosa	V.5625	+	.	.	.
Sarcocornia pacifica	I.312	V.6727	V.4400	IV.806	III.81
Batis maritima	III.420	III.602	III.558	.	+
Frankenia grandifolia	.	.	V.261	III.623	IV.525
Limonium californicum	.	.	IV.269	II.636	III.602
Jaumea carnosa	.	.	III.1100	V.2516	+
Cuscuta salina	.	.	III.63	+	+
Distichlis spicata	.	.	+	V.3013	III.598
Monanthocloë littoralis	.	.	IV.552	.	V.2977
Suaeda esteroa	II.83	.	III.288	.	+
Cressa truxillensis	.	.	.	+	+
Atriplex watsonii	.	.	.	+	+
Atriplex hastata	.	.	.	+	+
Arthrocnemum subterminale	.	.	.	.	V.3114
Salicornia bigelovii	+	+	+	.	.
Heliotropium curassavicum var. *oculatum*	.	.	.	+	.
Juncus acutus	.	.	.	+	+

1. *Ruppietum maritimae* Hocquette 1927

Ecología y estructura: Comunidad formada exclusivamente por el hidro-halófito enraizado *Ruppia maritima*, que vive en hábitats con inundaciones periódicas como las depresiones y lagunazos salobres. En estos lugares se acumula agua de lluvia durante el invierno, mientras que en primavera lo hace el agua salina procedente de las pleamares;

Cuadro 3. Composición florística y zonación de las diferentes comunidades citadas en el texto, acompañadas de los índices de presencia (números romanos) y abundancia-cobertura.

Asociación	*SPA*	*SAR*	*SAB*	*FRA*	*JAD*	*MOA*	*SUA*	*JUN*	*ALL*	*LAR*	*LAV*	*AFR*	*MAY*
Zonas	SBI	SBS	SB	SM	SS	SS	ZT	ZT	ZT	SB	SM	VT	VT
No. de inventarios	12	26	12	20	22	22	6	4	20	10	8	8	9
No. de especies	5	4	4	10	11	14	9	8	9	3	5	9	12
Especies													
Spartina foliosa	V.5	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Batis maritima	III.1	III.1	III.1	III.1	.	+	+	.	+	.	V.1	.	.
Salicornia bigelovii	+	+	V.5	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Sarcocornia pacifica	I.1	V.5	+	V.4	IV.1	III.1	.	.	.	.	.	.	.
Frankenia grandifolia	.	.	.	V.1	III.1	IV.1	II.1	IV.1	.	.	.	.	.
Limonium californicum	.	.	.	IV.1	II.1	III.1	.	III.1	.	.	.	.	.
Jaumea carnosa	.	.	.	III.1	V.2	+	.	+	.	.	.	.	.
Cuscuta salina	.	.	.	II.1	+	+	.	.	.	.	.	.	.
Distichlis spicata	.	.	.	+	V.2	III.1	+	+	.	.	.	.	.
Monanthochloë littoralis	.	.	.	IV.1	.	IV.2	.	III.1	.	.	.	.	.
Cressa truxillensis	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.
Arthrocnemum subterminale	.	.	.	.	.	V.2	+	+	.	.	.	.	.
Suaeda esteroa	+	.	.	III.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Suaeda moquinii	.	.	.	.	.	.	V.5	.	.	.	.	.	.
Atriplex watsonii	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.
Atriplex hastata	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.
Juncus acutus	.	.	.	.	+	.	.	V.4	.	.	.	.	.
Allenrolfea occidentalis	.	.	.	.	.	.	.	.	V.5	.	.	.	.
Rhizophora mangle	.	.	.	.	.	.	.	.	.	V.5	.	.	.
Laguncularia racemosa	.	.	.	.	.	.	.	.	.	IV.1	IV.2	.	.
Avicennia germinans	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	V.4	.	.
Atriplex julacea	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	IV.2	.
Frankenia palmeri	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	V.3	.
Maytenus phyllanthoides	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	V.3

en verano la comunidad desaparece debido a que el suelo es cubierto superficialmente por una costra salina originada por el lavado inverso de sales. El *Ruppietum maritimae* también se observa en algunas áreas palustres y estuarinas de inundaciones temporales (Ferren, 1985:101).

Biogeografía: A lo largo de la península, el *Ruppietum maritimae* se extiende por la costa del Pacífico desde el estuario del río Tijuana hasta el sur de Baja California. La asociación era conocida hasta el momento de las costas atlánticas europeas.

Sintaxonomía: Esta asociación se incluye en la clase de distribución holártica y probablemente cosmopolita *Ruppietea* J.Tx. 1960, de la que se conocen únicamente un orden y una alianza (*Ruppietalia, Ruppion*).

2. *Zosteretum marinae* Harmsen 1936

Ecología y estructura: Vegetación vivaz sumergida y enraizada propia de aguas marinas poco profundas, constituida casi exclusivamente por *Zostera marina*, a la que se une un gran número de algas epifíticas. El *Zosteretum marinae* es una asociación sublitoral que se desarrolla en zonas poco profundas (0,3-4 m), por debajo del NMM; las grandes poblaciones de *Z. marina* quedan parcialmente emergidas durante las mareas bajas. El límite superior del *Zosteretum marinae* depende tanto de la capacidad de almacenamiento de agua del sustrato, como del grado de desecación de las partes del tallo de *Zostera* que emergen del sustrato durante las mareas bajas (Beeftink, 1965).

Biogeografía: Esta asociación está ampliamente distribuida en Europa desde la zona ártica hasta las costas meridionales del Atlántico español. En Baja California es conocida por las descripciones cartográficas de Dawson (1962).

Sintaxonomía: El *Zosteretum marinae* se incluye en la clase de distribución holártica *Zosteretea marinae* Pignatti 1953.

3. *Spartinetum foliosae* Peinado et al. 1992
Cuadro 4

Ecología y estructura: Vegetación hidrófila vivaz formada por el halófito rizomatoso de talla media (0,8-1,5 m) *Spartina foliosa*. La asociación aparece en los saladares costeros, estuarios y esteros bajo la influencia de una alternancia de aguas salinas procedentes de los flujos de las mareas que, de un modo continuo y periódico, van dejando inundadas o emergidas las comunidades de esta asociación. Tales saladares costeros forman una banda intermedia entre la vegetación sumergida del *Zosteretum marinae* y la vegetación de los saladares hidrófilos inundables dominados por plantas crasicaules (*Sarcocornion pacificae*). El *Spartinetum foliosae* puede vivir bajo condiciones de salinidad superiores a las del mar (Callaway et al., 1990; Zedler & Nordby, 1986), y la especie dominante tolera mucho más la inundación que *Sarcocornia pacifica*. La ecotonía entre estas dos especies tiene lugar aproximadamente 60 cm por encima del NMM.

Biogeografía: *Spartinetum foliosae* es una asociación endémica de las costas del Pacífico de California (alcanza también las costas de Oregón) y Baja California que, en el área estudiada, se distribuye desde el estuario del río Tijuana hasta bahía Magdalena, en el sur de la península. No se encuentra en las costas del Golfo, probablemente por la mayor salinidad de sus aguas.

Cuadro 4. Asociación *Spartinetum foliosae* Peinado et al. 1992.

Inv. nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cobertura %	100	80	90	80	80	80	80	70	80	70
Area m²	2	10	10	4	10	30	4	10	10	10
Nr. especies	1	1	3	3	2	3	2	3	4	2
Especie característica										
Spartina foliosa	5.5	4.3	4.3	4.3	4.4	4.4	4.3	3.3	4.4	3.3
Compañeras										
Batis maritima	.	.	1.1	+	1.1	2.3	1.1	.	2.2	.
Sarcocornia pacifica	.	.	.	.	.	1.1	.	2.2	1.1	1.1
Salicornia bigelovii	.	.	1.1	1.1	.	.	.	.	.	.
Suaeda esteroa	.	.	.	.	.	.	.	1.1	1.1	.

Localidades.- Inv. 1, 8: Laguna Ojo de Liebre (BC); Inv. 2: Bahía de San Quintín (BC); Inv. 3: Estero de Punta Banda (BC); Inv. 4: Tijuana Estuary (CA); Inv. 5: San Diego Bay (CA); Inv. 6, 7: Punta Banda (BC); Inv. 8, 9: Imperial Beach, South Bay, San Diego (CA): Inv. 10: Estero Reserva La Jolla (BC).

Sintaxonomía: Las comunidades de *Spartina* se incluyen en la clase *Spartinetea maritimae* (R.Tx. 1961) Beeftink. J.M. Géhu, Ohba & R.Tx. 1971, que es exclusiva de las costas atlánticas del reino Holártico.

4. *Salicornietum bigelovii* Peinado et al. 1992
Cuadro 5

Ecología y estructura: Vegetación terofítica pionera de los saladares costeros, dominada por la planta suculenta erguida *Salicornia bigelovii*, que prospera sobre lodos inundados y en pozas intermareales. El *Salicornientum bigelovii* muestra su óptimo en pequeños espacios desprovistos de vegetación dentro del *Spartinetum foliosae*, del *Sarcocornietum pacificae* y del *Lagunculario-Rhizophoretum mangle* principalmente, aunque puede también presentarse en microdepresiones pobremente drenadas del saladar medio. La salinidad del suelo es cercana a la del agua marina de inundación, pero puede incrementarse considerablemente en períodos de veranos secos.

Biogeografía: El *Salicornietum bigelovii* se encuentra en los saladares del noroeste de la península y se extiende hacia el norte, hasta el sur de Punta Concepción, California.

Sintaxonomía: El *Salicornietum bigelovii* se incluye en la clase fitosociológica *Thero-Salicornietea*. Táxones característicos de esta clase son los incluidos en *Salicornia europaea* agg., un taxon muy variable, todavía no completamente comprendido desde el punto de vista morfológico y genético, que ha sido citado en las costas atlánticas y pacíficas norteamericanas.

Cuadro 5. Asociación *Salicornietum bigelovii* Peinado et al. 1992.

Inv. nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cobertura %	60	60	60	50	60	50	60	50	60	40
Area m²	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Nr. especies	1	1	3	2	2	3	2	3	2	1
Especie característica										
Salicornia bigelovii	3.2	2.2	3.1	3.1	3.1	2.2	3.2	2.2	3.2	2.2
Compañeras										
Batis maritima	.	.	1.1	.	1.1	.	1.1	.	1.1	.
Spartina foliosa	.	.	+	.	.	+	.	+	.	.
Sarcocornia pacifica	.	.	.	+.2	.	+	.	+	.	.

Localidades.- Inv. 1: San Diego Bay (CA); Inv. 2: La Bufadora (BC); Inv. 3: Estero Punta Banda (BC); Inv. 4: Estero Reserva La Jolla (BC); Inv. 5: Laguna Ojo de Liebre (BC); Inv. 6: El Papalote, San Quintín (BC); Inv. 7: Bahía de San Quintín (BC); Inv. 8: Imperial Beach, South Bay, San Diego (CA); Inv. 9: Tijuana Estuary (CA); Inv. 10: San Diego Bay (CA).

5. *Sarcocornietum pacificae* Peinado et al. 1992
Cuadro 6

Ecología y estructura: Asociación dominada de forma casi exclusiva por *Sarcocornia pacifica* (88% de cobertura media), un caméfito suculento de tendencia postrada y tallos articulados que ocupa la zona baja, y caracteriza la subzona alta, de los saladares litorales. Los altos valores de salinidad que soporta esta asociación hacen que sea muy pobre en especies: *Salicornia bigelovii* (2,5%), *Spartina foliosa* (0,5%), y *Batis maritima* que puede alcanzar coberturas de hasta 8%. Su período de floración es durante el verano, predominando en otoño los tonos rojizos producidos por la acumulación de sales en *S. pacifica*, los cuales denuncian claramente la subzona de la asociación. El *Sarcocornietum pacificae* tolera mucho más la salinidad y la sequía que el *Spartinetum foliosae*, por lo que tiende a extenderse durante los años de sequía en áreas ocupadas por esta última asociación. Por el contrario, las condiciones de mayor inundación y anaerobiosis desplazan el *Sarcocornietum* a expensas del *Spartinetum foliosae*. Hacia el saladar medio, el *Sarcocornietum pacificae* es sustituido por el *Frankenio-Sarcocornietum pacificae*, en el que aumenta la diversidad florística y la especie dominante es también *S. pacifica* en biótipo erecto.

Biogeografía: El *Sarcocornietum pacificae* aparece al menos desde Baja California hasta los saladares de Punta Reyes, California y Washington.

Sintaxonomía: No existe una unidad sintaxonómica en que esta asociación, como las restantes asociaciones dominadas por caméfitos y hemicriptófitos de los saladares del

Cuadro 6. Asociación *Sarcocornietum pacificae* Peinado et al. 1992.

Inv. nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cobertura %	70	100	100	80	100	100	80	60	60	80
Area m²	10	5	20	5	10	10	5	10	20	5
Nr. especies	2	2	2	1	1	4	2	4	2	4
Especies características de as. y unidades superiores										
Sarcocornia pacifica	3.3	5.5	4.4	4.2	5.5	4.4	4.4	3.1	1.2	5.4
Batis maritima	1.1	1.2	2.2	.	.	1.1	1.1	2.2	3.4	2.1
Frankenia grandifolia	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.
Suaeda esteroa	.	.	.	.	.	2.2	.	.	.	.
Compañeras										
Avicennia germinans	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.	1.1
Laguncularia racemosa	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+

Localidades.- Inv. 1: Loreto (BC); Inv. 2: La Serenidad, Mulegé (BC); Inv. 3, 4: Bahía de Los Angeles (BC); Inv. 5: La Salina, Tijuana (BC); Inv. 6: Laguna Ojo de Liebre (BC); Inv. 7: Bahía Concepción (BC); Inv. 8: Pto. López Mateos (BC); Inv. 9: Punta Banda (BC); Inv. 10: La Serenidad (BC).

oeste de Norteamérica, puedan ser incluidas. Las comunidades vicariantes de las costas atlánticas y mediterráneas europeas se incluyen en la clase *Arthrocnemetea fruticosi* Br.-Bl. & R.Tx. 1943. El *Sarcocornietum pacificae* puede formar parte de una unidad sintaxonómica homóloga al *Arthrocnemenion perennis*, un sintaxon europeo, existente también en las costas atlánticas norteamericanas, que constituye la primera banda de vegetación fruticosa por detrás de las comunidades de *Spartinetea alterniflorae*.

Observaciones: El biótipo postrado de *Sarcocornia pacifica* es característico de los saladares bajos (Macdonald, 1967, 1988; Mudie, 1970; Zedler, 1982; Zedler & Nordby, 1986). Esta *Sarcocornia* puede corresponder a *S. pacifica* var. *utahensis* (Tidestr.) Munz, una variedad conocida de los saladares interiores.

6. *Frankenio grandifoliae-Sarcocornietum pacificae* Peinado et al. 1992
Cuadro 7

Ecología y estructura: Asociación dominada por caméfitos y hemicriptófitos, que constituye la vegetación dominante en el saladar medio. El óptimo de esta asociación se encuentra alrededor del NAP, esto es, 80-100 cm por arriba del NMM. La diversidad florística en esta asociación es notablemente superior a las anteriores, y la mayor cobertura corresponde al biótipo erecto de *S. pacifica* (56%), acompañada por *Jaumea carnosa* (14%), *Batis maritima* (7,1%), *Monanthochloë littoralis* (7%), *Suaeda esteroa* (3,6%), *Limonium californicum* (3,4%), *Frankenia grandifolia* (3,3%), *Salicornia bigelovii* (sólo en

Cuadro 7. Asociación *Frankenio grandifoliae-Sarcocornietum pacificae* Peinado et al. 1992.

Inv. nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cobertura %	100	90	100	100	80	80	100	100	90	100
Area m²	2	4	6	4	7	4	4	10	4	2
Nr. especies	6	7	6	7	7	6	5	8	4	6
Especies características de as. y unidades superiores										
Sarcocornia pacifica	3.4	3.4	3.3	2.2	1.2	2.3	3.4	4.4	4.5	3.4
Frankenia grandifolia	1.1	1.1	1.1	1.1	.	1.1	+.2	1.1	.	1.2
Batis maritima	2.3	2.2	1.1	.	+	1.1	3.3	1.1	1.2	2.3
Monanthochloë littoralis	2.2	+.2	2.3	2.2	2.2	.	.	+	.	.
Limonium californicum	1.2	.	1.1	1.1	2.2	.	1.2	+	.	1.2
Jaumea carnosa	.	3.3	1.1	2.2	3.3	2.2	.	.	1.1	2.2
Suaeda esteroa	1.1	1.1	.	2.1	1.2	+	+	+	.	1.1
Cuscuta salina	.	+	.	1.1	+	.	.	1.2	1.1	.
Compañeras										
Salicornia bigelovii	.	.	.	.	.	1.1	.	1.1	.	.

Localidades.- Inv. 1, 8: Bahía de San Quintín (BC); Inv. 2, 3, 4: Punta Banda (BC); Inv. 5: Estero Reserva La Jolla (BC); Inv. 6: Tijuana Estuary (CA); Inv. 7: Imperial Beach, South Bay, San Diego (CA); Inv. 9, 10: El Papalote, San Quintín (BC).

microdepresiones húmedas; 2,3%), *Distichlis spicata* (1,6%), *Cuscuta salina* (0,8%), *Atriplex hastata* (0,3%) y *Triglochin maritimum* (0,3%). El mejor período de la asociación es durante el verano-otoño, cuando la mayoría de las especies están en floración, particularmente las entomófilas *J. carnosa, F. grandifolia* y *L. californicum.*

Biogeografía: Esta asociación se extiende desde Humboldt Bay, donde se encuentra su límite septentrional, hasta la laguna Ojo de Liebre, donde está su extremo meridional (Peinado et al., 1992).

Sintaxonomía: *Frankenio-Sarcocornietum pacificae* es una vicariante ecológica de las comunidades dominadas por *Sarcocornia fruticosa* de los saladares europeos. Estas están incluidas en la alianza *Arthrocnemion fruticosi*, por lo que el *Frankenio-Sarcocornietum pacificae* puede considerarse probablemente como característico de un nuevo sintaxon californiano de idénticas apetencias ecológicas.

7. *Jaumeo carnosae-Distichlidetum spicatae* Peinado et al. 1992
Cuadro 8

Ecología y estructura: Asociación dominada por *Distichlis spicata*, una poácea perenne xerohalófila, de crecimiento bajo y reproducción por rizomas. En esta asociación la diversidad florística es al menos tan alta como en la anterior, correspondiendo la mayor cobertura a *D. spicata* (38%) y a *Jaumea carnosa* (32%). Otras especies representativas son *Sarcocornia pacifica* (biótipo erecto 10,2%), *Limonium californicum* (8%), *Frankenia grandifolia* (7,9%), *Cressa truxillensis* (1,26%), *Atriplex watsonii*, *A. hastata* (0.9%), y *Cuscuta salina* (0,45%). El *Jaumeo carnosae-Distichlidetum spicatae*, es una asociación característica de suelos arenosos del saladar alto; en los suelos ricos en arcillas es sustituido por *Monanthochloo-Arthrocnemetum subterminalis*. La ausencia o presencia de algunas especies tiene un alto significado florístico-ecológico que indica el hábitat de esta

Cuadro 8. Asociación *Jaumeo carnosae-Distichlidetum spicatae* Peinado et al. 1992.

Inv. nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cobertura %	100	100	100	100	60	100	100	100	100
Area m²	10	10	4	2	2	2	4	4	4
Nr. especies	4	6	6	5	4	4	4	5	7
Especies características de as. de unidades superiores									
Distichlis spicata	5.4	3.3	5.5	5.5	3.3	5.5	4.4	2.2	3.3
Jaumea carnosa	1.1	3.3	.	.	.	+.2	1.2	3.3	2.2
Sarcocornia pacifica	.	1.1	1.2	.	2.2	2.1	+	.	+
Frankenia grandifolia	2.2	2.2	+	1.1	.	1.1	.	.	+
Limonium californicum	.	+.2	+	+.2	.	.	.	.	2.2
Cressa truxillensis	1.1	.	.	1.1	+	.	.	1.1	.
Cuscuta salina	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Arthrocnemum subterminale	.	.	.	.	.	.	.	+	.
Compañeras									
Atriplex hastata	.	.	.	1.2	+	.	.	.	.
Heliotropium curassavicum var. *oculatum*	.	.	1.1	.	.	.	+.2	+	.
Atriplex watsonii	.	.	+	.	.	.	.	.	2.2
Juncus acutus	.	+	.	.	.	.	.	.	.

Localidades.- Inv. 1, 8: La Salina, Tijuana (BC); Inv. 2, 7: Mission Bay (CA); Inv. 3: Tijuana Estuary (CA); Inv. 4: San Diego Bay (CA); Inv. 5: Estero de Punta Banda (BC); Inv. 6: Reserva de La Joya (BC); Inv. 9: Half Moon Bay (CA).

asociación, en la cual no existe *Batis maritima*, un elemento común en los saladares del sur de California, que prefiere suelos pobremente drenados y que, en consecuencia, no puede vivir sobre suelos arenosos.

Biogeografía: Esta asociación se conoce desde el estero Punta Banda, Baja California, que es su límite meridional, hasta Humboldt Bay, California. En los saladares al sur de Punta Banda, como San Quintín y Laguna Ojo de Liebre, la asociación ya no se observa, siendo muy rara *D. spicata*; no obstante, la presencia de esta especie no debe ser considerada como prueba de la existencia del *Jaumeo-Distichlidetum spicatae*, toda vez que *Distichlis spicata*, aun teniendo su óptimo en los saladares sobre suelos arenosos, presenta una gran amplitud ecológica sobre todo como especie colonizadora de arenas y dunas compactadas. En estas comunidades psammófilas de *Distichlis spicata* faltan las plantas propias de los saladares y están presentes táxones sabulícolas como *Mesembryanthemum chilense*, *Heliotropium curassavicum* var. *oculatum* y *Haplopappus furfuraceus.*

Sintaxonomía: Véase la siguiente asociación.

8. *Monanthochloo littoralis-Arthrocnemetum subterminalis* Peinado et al. 1992
Cuadro 9

Ecología y estructura: Asociación dominada por el caméfito crasicaule *Arthrocnemum subterminale* (38%) y la gramínea *Monanthochloë littoralis* (36,4%). La primera es más constante (100% de los inventarios), mientras que la segunda lo es menos (72%), pero en algunos lugares es la especie dominante debido a su crecimiento clonal. Otros elementos presentes son *Limonium californicum* (7,3%), *Distichlis spicata* (7,2%), *Frankenia grandifolia* (6,4%), *Cressa truxillensis* (1,3%), *Sarcocornia pacifica* (biótipo erecto 1%), *Atriplex watsonii* (0,6%), *A. hastata* (0,6%), *Juncus acutus* (0,5%), además de otras especies con coberturas mucho más bajas. Esta asociación es característica de los saladares altos cuando los suelos son alcalinos o arcillosos. En los primeros 10 cm de suelo existe siempre un horizonte sálico con abundantes concreciones de cloruros y carbonatos; la salinidad disminuye en los niveles inferiores como corresponde a un perfil edáfico originado por lavado inverso. Callaway et al. (1990) han demostrado la hipersalinidad de estos suelos, que en abril y noviembre alcanzan concentraciones salinas tres o cuatro veces más altas que en los saladares bajos. La época de floración de la planta dominante, *Artrhocnemum subterminale*, es más temprana (abril-septiembre) que la de *Sarcocornia pacifica*; la otra especie dominante, *Monanthochloë littoralis*, rara vez florece o fructifica y nunca ha sido vista germinando (Zedler & Nordby, 1986). Este elemento subtropical está siempre restringido al saladar alto, donde su denso crecimiento rizomatoso produce extensas manchas clonales. Purer (1942) sugirió que el límite inferior de la franja ocupada por esta planta señala su intolerancia a la inmersión por las mareas.

Biogeografía: La asociación, que aparece en las dos costas de Baja California, se extiende hasta Punta Concepción, California.

Sintaxonomía: Esta asociación, junto con las dos anteriores, puede ser considerada dentro de un nuevo sintaxon propio que agruparía a las comunidades californianas que ocupan los saladares medios y altos. Son características de esta unidad sintaxonómica: *Atriplex hastata* y *A. watsonii* (especies diferenciales), *Cuscuta salina*, *Frankenia grandifolia*, *Jaumea carnosa*, *Limonium californicum* y *Monanthochloë littoralis*. Este nuevo sintaxon

Cuadro 9. Asociación *Monanthochloo littoralis-Arthrocnemetum subterminalis* Peinado et al. 1992.

Inv. nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cobertura %	100	100	100	100	100	70	100	80	100	40
Area m²	10	10	4	10	2	2	10	10	10	10
Nr. especies	3	3	4	5	2	4	7	7	2	5
Especies características de as. y unidades superiores										
Artrocnemum subterminale	4.4	2.2	5.5	2.3	2.2	3.3	3.3	2.3	5.5	2.2
Monanthochloë littoralis	2.1	4.4	1.1	5.5	5.5	2.3	3.3	3.3	1.2	2.2
Frankenia grandifolia	.	.	.	+	.	1.1	+	+.2	.	.
Limonium californicum	.	.	.	+	.	1.1	+	1.1	.	.
Sarcocornia pacifica	.	+	+	.	.	.	.	1.2	.	+
Distichlis spicata	1.2	.	.	.	.	.	1.1	.	.	.
Cressa truxillensis	.	.	.	.	.	.	+	.	.	1.1
Compañeras										
Lycium californicum	.	.	1.1	.	.	.	2.2	1.2	.	.
Atriplex watsonii	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.	.
Atriplex hastata	.	.	.	2.2	.	.	.	.	.	+

Localidades.- Inv. 1, 3: Bahía de San Quintín (BC); Inv. 2, 5: Bahía de Los Angeles (BC); Inv. 4: Punta Banda (BC); Inv. 6: La Salina, Tijuana (BC); Inv. 7: Tijuana Estuary, San Diego (CA); Inv. 8: Imperial Beach, South Bay, San Diego (CA); Inv. 9: San Diego Bay (CA); Inv. 10: Laguna Ojo de Liebre (BC).

aparece en idénticos hábitats que otras comunidades europeas pertenecientes a las alianzas *Arthrocnemion fruticosi* y *A. glauci.*

9. *Gassouletum crystallino-nodiflori* O. Bolòs 1957

Ecología y estructura: El saladar alto es un hábitat en el cual son frecuentes las alteraciones naturales producidas por las numerosas madrigueras excavadas por las ardillas y otros mamíferos (Zedler, 1982). Neuenschwander et al. (1979) han señalado también la gran actividad de vida animal en las zonas altas del saladar. A estas alteraciones de origen animal hay que añadir otras de origen antrópico (paso de vehículos, pastoreo, caminos, desarrollo urbano, etc.), que hacen del saladar alto una zona muy alterada. Así, en esta franja del saladar aparece una comunidad frecuente en hábitats salinos alterados: *Gassouletum crystallino-nodiflori.* Esta asociación está formada por muchos terófitos halonitrófilos: *Parapholis incurva, Hymenolobus procumbens, Polypogon monspeliensis,*

Spergularia marina, Juncus bufonius, Hordeum depressum, Amblyopappus pusillus; sin embargo la mayor cobertura y vistosidad la proporcionan los terófitos suculentos *Gassoul crystallinum* y *G. nodiflorum*. En condiciones naturales estas comunidades necesitan la conjunción de una serie de factores ecológicos, entre los que se cuentan la existencia de un período largo de aridez anual, la presencia de suelos salinos encharcados temporalmente -lo que elimina la competencia de otras especies propias de ambientes alterados-, y el enriquecimiento superficial del suelo en sales solubles y sustancias nitrogenadas procedentes de la descomposición de la materia orgánica fresca de origen animal o vegetal (Rivas-Martínez et al., 1980). Así, las condiciones óptimas para el desarrollo de esta asociación son los claros que se presentan en el *Monanthochloo-Arthrocnemetum subterminalis* y en el *Jaumeo-Distichlidetum spicatae*, donde prosperan gracias al aporte de materia orgánica de origen plocónico algal y a la suministrada por los pequeños mamíferos, reptiles y aves que viven en este ecosistema. En la actualidad, la asociación se ha expandido secundariamente gracias a la alteración de origen antrópico sufrida por las zonas altas del saladar y sus ecotonos con la vegetación climácica.

Biogeografía: La abundancia de plantas anuales en el saladar alto es una característica de los saladares de clima mediterráneo; comunidades con similares requerimientos ecológicos han sido descritas en Francia (Corré, 1979), España (Alcaraz et al., 1989; Bolòs, 1957, 1963; Peinado, Alcaraz & Martínez Parras, 1992), Marruecos (Chapman, 1974), Israel (Waisel, 1972), Australia (Backshall & Bridgewater, 1981; Vollebergh & Congdon, 1986) y California (Callaway et al., 1990; Zedler & Nordby, 1986; Peinado et al., 1992). En Baja California esta asociación aparece desde el norte hasta el sur del área estudiada.

Sintaxonomía: *Gassouletum crystallino-nodiflori* es una asociación incluida en la alianza *Frankenion pulverulentae* Rivas-Martínez in Rivas-Martínez & Costa 1976 (*Saginetea maritimae*). Las comunidades de esta clase fitosociológica tienen una distribución holártica.

10. *Frankenio grandifoliae-Juncetum acuti* Peinado et al. 1992
Cuadro 10

Ecología y estructura: Asociación dominada por juncos de talla elevada (hasta 2 m), que forma la banda exterior más seca alrededor del saladar alto. Los suelos arenosos (Entisoles) sobre los que vive esta asociación muestran un horizonte de reducción a unos 30 cm por debajo de la superficie (Psammaquents), provocado por la existencia de una capa freática a pocos cm de profundidad durante la estación lluviosa. Así, el *Frankenio-Juncetum acuti* resulta un bioindicador de las zonas de transición entre las comunidades más secas del saladar y los lugares donde existe aporte de agua dulce. El desplazamiento de las comunidades de *Juncus acutus* por las comunidades halófitas procedentes de la zona alta del saladar es un fenómeno dinámico sucesional actualmente de fácil apreciación en la bahía de San Quintín, donde las poblaciones de *Juncus acutus* forman densas bandas alrededor del saladar alto, indicando la existencia de un acuífero subterráneo. La sobrexplotación de los mantos freáticos de agua dulce en esta zona trae como consecuencia la introgresión de agua salina marina, que provoca la sustitución del *Frankenio-Juncetum acuti* por comunidades del saladar alto. Este proceso dinámico ha sido observado en varias de las zonas donde se encuentra la comunidad, y por ello los

Cuadro 10. Asociación *Frankenio grandifoliae-Juncetum acuti* Peinado et al. 1992.

Inv. nr.	1	2	3	4	5
Cobertura %	100	90	90	100	100
Area m²	4	10	8	10	20
Nr. especies	5	7	4	5	3
Especies características de as. y unidades superiores					
Juncus acutus	5.5	3.3	4.4	4.5	4.5
Frankenia grandifolia	.	+	2.2	1.2	1.2
Monanthochloë littoralis	1.1	2.2	.	1.1	.
Limonium californicum	+	1.2	.	+	.
Arthrocnemum subterminale	1.1	1.2	.	.	.
Distichlis spicata	.	+	+	.	.
Jaumea carnosa	.	+	.	.	+
Compañeras					
Haplopappus venetus subsp. *tridentatus*	1.1	.	+	+	.

Localidades.- Inv. 1: Bahía de San Quintín (BC); Inv. 2: Punta Banda (BC); Inv. 3: La Bufadora (BC); Inv. 4: Mission Bay (CA); Inv. 5: Pto. Mugu (CA).

inventarios muestran una abundancia de plantas de saladar que no debieron existir en el estado original de la comunidad, antes de la sobreexplotación de los acuíferos que la sostienen.

Biogeografía: Aparece en los saladares del noroeste de Baja California, extendiéndose hacia el sur de California. El areal de la asociación fue indudablemente mayor a juzgar por el área conocida de la especie.

Sintaxonomía: *Juncus acutus* presenta la misma ecología en algunos saladares europeos. Es considerada una especie característica del sintaxon *Brizo-Holoschoenenion* (Rivas Goday y Borja, 1961) Rivas Martínez 1980, que incluye a las asociaciones psammofreatófilas mediterráneo-ibero-atlánticas. Quizás, las comunidades californianas de *Juncus acutus* puedan ser incluidas en la clase *Molinio-Arrhenatheretea*, un sintaxon conocido sólo de Europa. No obstante, la abundancia de especies del saladar alto y la escasez de táxones de *Molinio-Arrhenatheretea*, aproximan la composición florística de de la comunidad a las del saladar alto.

11. *Suaedetum moquinii* Peinado et al. 1992
Cuadro 11

Ecología y estructura: Asociación dominada por el nanofanerófito *Suaeda moquinii* (Torr.) Greene (*S. torreyana* Wats.; *S. fruticosa* Wats. non Forks.; *S. torreyana* Wats. var. *ramosissima* (Standl.) Munz), que prospera en los suelos arcillosos nitrificados más secos del saladar alto. En los claros de esta comunidad crecen los terófitos halonitrófilos del *Gassouletum crystallino-nodiflori* gracias a la eutrofización de los horizontes superficiales del suelo. El resto de las plantas que se presentan en esta comunidad proceden de las comunidades de contacto (*Monanthochloo-Arthrocnemetum subterminalis, Allenrolfeetum occidentalis*).

Biogeografía: Esta asociación se presenta tanto en los saladares costeros (inventarios 1-6), como sobre los suelos salinos de los saladares continentales (inventarios 7-8).

Cuadro 11. Asociación *Suaedetum moquinii* Peinado et al. 1992.

Inv. nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Cobertura %	80	80	70	80	70	80	70	70
Area m²	4	6	4	20	10	10	10	10
Nr. especies	1	2	3	4	5	3	2	3
Especie característica								
Suaeda moquinii	4.4	3.3	3.2	3.3	2.3	3.3	3.3	3.4
Características de unidades superiores								
Frankenia grandifolia	.	.	+	+	1.2	.	.	.
Distichlis spicata	.	.	.	1.1	1.1	.	.	+.2
Arthrocnemum subterminale	.	.	.	.	+.2	.	.	.
Batis maritima	.	.	.	.	.	+.2	.	.
Compañeras								
Atriplex semibaccata	.	.	.	+.2	+	.	.	
Atriplex watsonii	.	.	1.1	.	.	.	.	.
Lycium californicum	.	.	.	.	.	1.1	.	.
Atriplex hymenolytra	.	+	.	.	.	.	.	.
Bassia hyssopifolia	.	.	.	.	.	.	+	.
Allenrolfea occidentalis	.	.	.	.	.	.	.	+.2

Localidades.- Inv. 1: Loreto (BC); Inv. 2: Desierto de San Felipe (BC); Inv. 3: Estero Punta Banda (BC); Inv. 4: Tijuana Estuary (CA); Inv. 5: San Diego Bay (CA); Inv. 6: Imperial Beach, South Bay, San Diego (CA); Inv. 7: Mono Lake (CA); Inv. 8: Badwater, Death Valley (CA).

Sintaxonomía: El *Suaedetum moquinii* pertenece a la clase *Pegano-Salsoletea vermiculatae* Br.-Bl. & O.Bolòs 1954, un sintaxon que agrupa a la vegetación nitrófila camefítica y nanofanerofítica, formada por elementos de origen estépico y desértico, extendida por las regiones Mediterránea, Sáharo-Arábiga e Irano-Turaniana (Peinado et al., 1987). Esta clase incluye, dentro de la subalianza *Suaedenion verae* Peinado et al. 1987, varias asociaciones de los saladares mediterráneos que pueden ser consideradas como vicariantes del *Suaedetum moquinii.*

12. *Allenrolfeetum occidentalis* Peinado et al. 1992
Cuadro 12

Ecología y estructura: Asociación casi monoespecífica dominada por el nanofanerófito suculento *Allenrolfea occidentalis* (91% cobertura), acompañado de un número reducido de plantas ocasionales que tienen en común su alta tolerancia a la salinidad y a la sequía de los suelos. *Allenrolfeetum occidentalis* es una asociación de amplia distribución, pero muy estenoica, ya que siempre ocupa suelos alcalinos con elevados contenidos de cloruro de sodio; por lo general se encuentra en posiciones donde la salinidad y la sequía son tan extremas que no son toleradas por otros halófitos. Debido a que durante el proceso de alcalinización se acumula carbonato sódico, bajo el *Allenrolfeetum* se forman duras costras de estas sales, que originan un relieve superficial en forma de lomo de cocodrilo muy característico. Con frecuencia, en estos suelos la partículas más finas (arcillas) se mueven hacia abajo en el perfil edáfico, quedando en la superficie las partículas arenosas; en estos casos se forma una costra dura de arcilla por debajo del horizonte

Cuadro 12. Asociación *Allenrolfeetum occidentalis* Peinado et al. 1992.

Inv. Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cobertura %	60	100	80	75	100	100	90	100	80	80
Area m²	10	4	4	4	10	20	20	4	4	4
Nr. especies	1	1	1	1	2	3	3	2	2	1
Especie característica										
Allenrolfea occidentalis	3.2	5.5	4.4	3.3	5.5	5.4	4.4	5.5	3.3	4.4
Compañeras										
Suaeda moquinii	.	.	.	.	2.2	1.1	.	.	1.2	.
Atriplex polycarpa	.	.	.	.	.	1.1	.	1.2	.	.
Monanthochloë littoralis	.	.	.	.	.	.	1.1	.	.	.
Frankenia palmeri	.	.	.	.	.	.	1.1	.	.	.

Localidades.- Inv. 1: Punta Sterns, San Carlos (BC); Inv. 2: Loreto (BC); Inv. 3: Bahía Concepción, playa de Santispak (BC); Inv. 4: Laguna Ojo de Liebre (BC); Inv. 5, 6: Bahía de los Angeles (BC); Inv.7: El Papalote, San Quintín (BC); Inv. 8: San Felipe (BC); Inv. 9: Death Valley (CA); Inv. 10: Badwater, Death Valley (CA).

superficial arenoso. Existe por lo general humedad en el suelo a unos 30-40 cm por debajo de la superficie, incluso en verano, mostrando todo el perfil edáfico un notable enriquecimiento en sales, incluso a 1 m de la superficie.

En los saladares de Baja California, el *Allenrolfeetum occidentalis* forma una banda exterior más seca alrededor del *Monanthochloo-Arthrocnemetum subterminalis*, señalando una zona de transición con la vegetación de los desiertos alcalinos (*Frankenion palmeri*).

Biogeografía: Esta asociación está ligada a los climas extremadamente áridos, como los existentes en los desiertos costeros tanto de la costa Pacífica como del Golfo en Baja California. Más hacia el norte está restringida a los suelos alcalinos de las depresiones de los desiertos calientes (Sonora y Mohave) y frío (Gran Cuenca) de Estados Unidos.

13. *Lagunculario racemosae-Rhizophoretum mangle* Peinado et al. 1992
Cuadro 13

Ecología y estructura: Comunidades arbóreas dominadas por el fanerófito *Rhizophora mangle,* que constituyen la primera banda en relación con el nivel de mareas de los saladares bajacalifornianos con influencia subtropical, y prosperan en zonas intermareales protegidas del embate directo de las olas del mar tales como playas resguardadas, canales, esteros, ríos y lagunazos postdunares. *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans* aparecen en proporciones menores y sus individuos generalmente ocupan la zona interna de la asociación. Dos características conspicuas de esta asociación son la ausencia de otras plantas vasculares asociadas y al abrupto ecotono que tienen con las comunidades vecinas (saladar de marea, matorral desértico).

Biogeografía: Este tipo de manglar parece estar repartido en otras zonas litorales mexicanas (Rzedowski, 1978): en Baja California se encuentra sólo en pequeñas áreas

Cuadro 13. Asociación *Lagunculario racemosae-Rhizophoretum mangle* Peinado et al. 1992.

Inv. nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cobertura %	100	80	80	100	100	100	100	80	80	100
Area m²	50	20	20	50	20	20	50	40	40	50
Nr. especies	2	2	1	2	2	2	3	2	2	2
Especies características de as. unidades superiores										
Rhizophora mangle	4.5	4.4	5.5	4.5	5.5	5.5	4.4	3.5	3.4	4.4
Laguncularia racemosa	1.2	1.1	.	1.1	1.1	1.1	1.1	.	1.1	2.3
Avicennia germinans	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.

Localidades.- Inv. 1: La Serenidad, Mulegé; Inv. 2, 3: entre Rosarito y Mulegé, playa Santispak, Bahía de Concepción; Inv. 4: Puerto Escondido; Inv. 5: Playa de los Cocos, Loreto; Inv. 6: Loreto; Inv. 7: Playa Armenta, Loreto; Inv. 8: Puente de San Carlos; Inv. 9: San Carlos; Inv. 10: Puerto López Mateos. Todos ellos en Baja California.

discontinuas en bahías protegidas, lagunas costeras y estuarios, desde el sur de Bahía de Los Angeles (29° 05'N) en el Golfo, y desde aproximadamente los 27° N en el Pacífico hasta la región de los Cabos.

14. *Lagunculario racemosae-Avicennietum germinantis* Peinado et al. 1992
Cuadro 14

Ecología y estructura: Comunidad dominada por el mangle negro (*Avicennia germinans*), que constituye el extremo interior de la vegetación de manglar y está en contacto con las comunidades crasicaules del *Sarcocornietum pacificae.* La presencia de *Sarcocornia pacifica* y *Batis maritima* revela tanto estos ecotonos como los periodos de inundación temporal que la asociación interna del manglar puede tolerar. Por otro lado, la presencia de *Sporobolus virginicus* denota la existencia de suelos arenosos. *Laguncularia racemosa*, la otra especie dominante de la comunidad, muestra aquí mayor vitalidad y cobertura que en la asociación anterior. Las comunidades de *Lagunculario-Avicennietum germinantis* emergen diariamente con ocasión de las bajamares y se origina así un aspecto muy llamativo de la asociación gracias a los neumatóforos de *A. germinans* que emergen de los fangos. Por otro lado, poblaciones puras de *A. germinans* en estado arbustivo suelen ocupar bordes internos de canales naturales y artificiales y actuar como primocolonizadoras de canales de drenaje.

Biogeografía: Esta asociación aparece en las mismas áreas que la asociación anterior.

Cuadro 14. Asociación *Lagunculario racemosae-Avicennietum germinantis* Peinado et al. 1992.

Inv. nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Cobertura %	100	70	80	80	80	70	100	90
Area m²	50	20	20	20	20	20	20	20
Nr. especies	4	3	3	3	3	4	4	2
Especies características de as. y unidades superiores								
Avicennia germinans	3.3	2.3	4.4	4.4	3.3	3.3	4.3	4.4
Laguncularia racemosa	3.3	3.3	.	.	3.2	+	1.2	.
Compañeras								
Batis maritima	1.1	1.2	1.1	1.1	1.2	1.1	1.1	1.1
Sporobolus virginicus	.	.	1.2	1.2	.	+	+	.
Sarcocornia pacifica	1.1	.	.	.	.	.	.	.

Localidades.- Inv. 1: Playa Armenta, Loreto; Inv. 2: Puerto Escondido; Inv. 3: entre Rosarito y Mulegé, playa Santispak, Bahía Concepción; Inv. 4, 5: Loreto; Inv. 6: Playa de los Cocos; Inv. 7: Bahía Concepción; Inv. 8: Pto. López Mateos. Todos en Baja California.

Sintaxonomía: Las comunidades bajacalifornianas de los manglares representan el límite norteño de las formaciones de manglares, que son esencialmente tropicales. *Laguncularia* es característico de los manglares occidentales (Walter, 1977), y quizás pueda definir un nuevo sintaxon dentro de la clase *Rhizophoro-Avicennietea nitidae* Knapp 1957 *nomem nudum.*

15. *Atriplici julaceae-Frankenietum palmeri* Peinado et al. 1992
Cuadro 15

Ecología y estructura: Asociación esencialmente camefítica (c.30 cm de alto) y de baja cobertura (hasta 50%), dominada por *Frankenia palmeri* (44%). Entre el resto de las especies que aparecen en esta asociación sobresale *Atriplex julacea*, endemismo bajacaliforniano que puede cubrir hasta 20%. El resto de las plantas son accidentales y generalmente se presentan en ecotonos con comunidades adyacentes (*Allenrolfea occidentalis*, en el caso del *Allenrolfeetum occidentalis*, y *Sarcocornia pacifica* en el del *Sarcocornietum pacificae*), junto con algunas otras plantas provenientes de las comunidades del desierto. Las anuales (*Gassoul crystallinum, Dyssodia anthemidifolia, Chaenactis lacera, Plantago hookeriana*), son abundantes despues de las lluvias (cf. cuadro 15); estas comunidades terofíticas son bioindicadoras de los suelos arenosos y alcalinos que caracterizan el área de esta asociación. *Atriplici-Frankenietum palmeri* es una asociación típica de los suelos alcalinos defloculados (Solonetz) que se originan por la formación de carbonato sódico a través del proceso de alcalinización sufrido por algunos suelos salinos (Solonchak). Las condiciones ambientales para que se produzcan los procesos de alcalinización aparecen generalmente en las costas llanas bajo climas extremadamente áridos.

Biogeografía: Esta asociación es exclusiva de la subdivisión Vizcaíno (Desierto Sonorense). Sin embargo, las comunidades dominadas por *Frankenia palmeri* aparecen en las playas costeras y en las terrazas bajas del Pacífico y del Golfo. Parece existir otra comunidad vicariante (*Frankenio-Atriplicetum polycarpae*), que habita los bordes del Golfo de California, viviendo bajo condiciones ecológicas similares.

Sintaxonomía: Igual que el *Allenrolfeetum occidentalis*, las comunidades dominadas por *Frankenia palmeri* están fuertemente individualizadas y no tienen mucha relación florística con otras asociaciones del desierto. Knapp (1957) propuso una clase *Frankenio-Atriplicetea* para agrupar estas comunidades; tal propuesta no es válida de acuerdo con las reglas del Código Internacional de Nomenclatura Fitosociológica y constituye un *nom. nudum.*

16. *Maytenetum phyllanthoidis* Peinado et al. 1992
Cuadro 16

Ecología y estructura: Asociación dominada casi exclusivamente por el fanerófito *Maytenus phyllanthoides*, acompañada por el halófito *Lycium andersonii.* Como puede verse en el cuadro de esta asociación, los inventarios resultan muy heterogéneos porque la mayoría de las plantas son introgresiones de comunidades adyacentes y no tienen importancia fitosociológica en esta comunidad. El *Maytenetum phyllanthoidis* es una comunidad estenoica que vive en laderas expuestas al mar. *Maytenus* capta el agua

Cuadro 15. Asociación *Atriplici julaceae-Frankenietum palmeri* Peinado et al. 1992.

Inv. nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Cobertura %	30	30	30	50	40	30	30	50
Area m²	50	10	10	20	10	20	20	10
Nr. especies	15	4	3	6	2	8	10	4
Especies características								
Frankenia palmeri	2.2	2.1	2.2	2.2	2.1	2.2	2.1	2.4
Atriplex julacea	1.1	1.1	1.1	2.1	.	.	1.1	2.2
Terófitos primaverales								
Chaenactis lacera	2.1	.	.	1.1	.	1.1	.	.
Dichelostemma pulchellum	1.1	.	.	1.1	.	1.1	.	.
Plantago hookeriana var. *californica*	1.1	.	.	1.1	.	1.1	.	.
Gassoul crystallinum	1.1	.	.	.	.	1.1	.	+
Camissonia cardiophylla subsp. *cedrosensis*	1.1	.	.	1.1	.	.	.	.
Dyssodia anthemidifolia	1.1	.	.	.	.	1.1	.	.
Dithyrea californica var. *clinata*	+	.	.	1.1	.	.	.	.
Calandrinia maritima	1.1	.	.	.	.	.	.	.
Polycarpon diffusum	1.1	.	.	.	.	.	.	.
Crassula tillaea	1.1	.	.	.	.	.	.	.
Phaseolus filiformis	1.1	.	.	.	.	.	.	.
Compañeras								
Yucca valida	.	.	.	.	.	1.1	1.1	.
Euphorbia misera	.	.	.	.	.	+	1.1	.
Lycium carolinianum	.	.	2.1	.	.	.	.	.
Allenrolfea occidentalis	.	.	.	.	2.1	.	.	.
Agave shawii subsp. *sebastiana*	.	.	.	.	.	.	.	2.1
Monanthochloë littoralis	.	1.1	.	.	.	.	.	.
Opuntia tesajo	.	.	.	.	.	.	1.1	.
Machaeocereus gummosus	.	.	.	.	.	.	1.1	.
Ferocactus gracilis var. *coloratus*	.	.	.	.	.	.	1.1	.

Addenda: Otras especies con índice +: Inv. 1: *Dudleya lanceolata, Ferocatus acanthodes, Opuntia echinocarpa*; Inv. 2: *Sarcocornia pacifica*; Inv. 6: *Jatropha cinerea*; Inv. 7: *Echinocereus maritimus, Ambrosia camphorata, Dudleya attenuata.*

Localidades.- Inv. 1: 116 km al sur de Punta Prieta; Inv. 2, 3: Laguna Ojo de Liebre; Inv. 4, 5, entre Ojo de Liebre y Guerrero Negro; Inv. 6: 98 km al norte de Guerrero Negro; Inv. 7: 71 km al norte de Guerrero Negro; Inv. 8: Campo Viejo, El Socorro. Todos ellos en Baja California.

Cuadro 16. Asociación *Maytenetum phyllanthoidis* Peinado et al. 1992.

Inv. nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cobertura %	90	80	90	80	90	80	100	100	80
Area m²	100	100	100	50	20	20	20	20	50
Nr. especies	6	13	7	10	6	4	5	2	6
Especie característica									
Maytenus phyllanthoides	4.4	3.2	3.3	4.4	4.4	4.4	5.4	4.4	3.4
Compañeras									
Lycium andersonii	+	1.1	1.1	1.1	1.1	+	1.1	1.1	1.1
Prosopis articulata	.	.	+	2.2	+.2	.	.	.	1.2
Opuntia cholla	.	1.1	1.2	1.1	.	.	.	.	.
Jatropha cinerea	.	2.1	2.1	1.1	.	.	.	.	.
Bursera microphylla	.	.	.	.	1.2	+.2	1.1	.	.
Pedilanthus macrocarpus	.	1.1	.	.	.	+	+.2	.	.
Fouquieria diguetii	.	3.2	.	.	.	.	1.2	.	.
Machaerocereus gummosus	.	3.2	2.3	.	.	.	.	.	.
Lophocereus schottii	+.2	.	.	.	1.2	.	.	.	.
Condalia globosa var. *globosa*	.	.	.	1.2	.	.	.	.	1.1
Condaliopsis rigida	.	.	.	+.2	.	.	.	.	1.1
Pachycereus pringlei	.	+	.	+	.	.	.	.	.
Machaerocereus eruca	.	2.2	.	.	.	.	.	.	.
Viscainoa geniculata	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2
Cercidium microphyllum	.	.	.	.	1.2	.	.	.	.
Baccharis sarathroides	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.
Phoradendron californicum	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.
Euphorbia xantii	.	.	1.2	.	.	.	.	.	.
Mammillaria dioica	.	1.1	.	.	.	.	.	.	.
Lycium megacarpum	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.
Euphorbia californica	.	+	.	.	.	.	.	.	.
Simmondsia chinensis	.	+	.	.	.	.	.	.	.
Ferocactus townsendianus	.	+	.	.	.	.	.	.	.
Larrea tridentata	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Atriplex linearis	+	.	.	.	.	.	.	.	.

Localidades: Inv. 1: San Carlos; Inv. 2: Pto. López Mateos; Inv. 3: Pto. Escondido; Inv. 4: Loreto; Inv. 5: Aguajito, Bahía Concepción; Inv. 6: Playa Sansispak, Bahía Concepción; Inv. 7, 8: La Serenidad, Mulegé; Inv. 9: Pto. Chivato, San Bruno. Todos ellos en Baja California.

mediante la condensación en sus hojas de la humedad existente en la maresía y en las frecuentes nieblas. A pesar de que recibe localmente el nombre de manglar, esta comunidad no tiene ninguna relación ecológica con los verdaderos manglares, ya que las raíces de *Maytenus* no toleran las inundaciones.

Esta asociación es un caso muy interesante de comunidad estenoica; en las costas mediterráneas de España y Marruecos; otra asociación, el *Rhamno-Maytenetum europaei*, ocupa similares posiciones ecológicas.

Biogeografía y sintaxonomía: Hemos observado esta asociación desde la bahía de Los Angeles (su límite norte) hasta la región del Cabo, en ambas costas. Para definir la sintaxonomía de esta asociación es necesario investigar el comportamiento ecológico de *M. phyllanthoides* en el trópico americano.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se ha llevado a cabo gracias al Convenio de Colaboración Científica en Medio Ambiente suscrito entre las Universidades Autónoma de Baja California y de Alcalá de Henares. Los trabajos de campo han sido financiados por estas instituciones y con subvenciones y becas de la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid, la Subdirección General de Cooperación Internacional del Ministerio de Educación y Ciencia español y con fondos de los proyectos de investigación PB90-0293 de la DGICYT (España), 8396 de la Secretaría de Educación Pública de México y 0132 de la Universidad Autónoma de Baja California.

LITERATURA CITADA

Adam, P. 1990. Saltmarsh ecology. Cambridge University Press. Cambridge. 461 pp.

Adams, D. A. 1963. Factors affecting vascular plant zonation in North Carolina saltmarshes. Ecology 44: 445-456.

Alcaraz, F. 1984. Flora y vegetación del NE de Murcia. Servicio Publicaciones Universidad de Murcia. Murcia. 406 pp.

Alcaraz, F., T. E. Díaz, S. Rivas-Martínez & P. Sánchez Gómez. 1989. Datos sobre la vegetación del sureste de España: provincia biogeográfica Murciano-Almeriense. Itinera Geobotanica 2: 5-133.

Anderson, C. E. 1974. A review of structure in several North Carolina salt marsh plants. In: Reimold, R. J. & W. H. Queen (eds.). Ecology of halophytes. Academic Press. New York. pp. 307-344.

Backshall, D. J. & P. B. Bridgewater. 1981. Peripheral vegetation of Peel Inlet and Harvey Estuary, Western Australia. Journal of the Royal Society of Western Australia 4: 5-11.

Barbour, M. G. 1970. Is any angiosperm an obligate halophyte? American Midland Naturalist 84: 105-120.

Barbour, M. G. & C. B. Davis. 1970. Salt tolerance of five California salt marsh plants. American Midland Naturalist 84: 262-265.

Barbour M. G. & J. Major (eds.). 1988. Terrestrial vegetation of California. California Native Plant Society Special Publication No.8. Davis, California. 2nd ed. 1020 pp.

Barkman, J. J., J. Movarec & S. Rauchert. 1986. Code of phytosociological nomenclature. 2nd ed. Vegetatio 67: 145-196.

Beeftink, W. G. 1965. De zoutvegetatie van ZW-Nederland beschouwd in Europees verband. Thesis. Meded. Landbouwhogesch. Wageningen.

Beeftink, J. J. 1977. The coastal salt marshes of western and northern Europe: An ecological and phytosociological approach. In: V. J. Chapman (ed.) Wet coastal ecosystems. Elsevier. Amsterdam. pp. 109-155.

Beeftink, W. G. & J. M. Géhu. 1973. *Spartinetea maritimae*. In: Tüxen, R. (ed.) Prodrome des groupements végétaux d'Europe, I. J. Crame. Lehre. pp. 1-43.

Bolòs, O. 1957. De vegetatione valentina, I. Collectanea Botanica (Barcelona) 4(2): 527-596.

Bolòs, O. 1963. Botánica y geografía. Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes Barcelona 38(14): 443-480.

Braun-Blanquet, J. 1968. Fitosociología. Ed. Blume. Madrid. 820 pp.

Callaway, M. R., S. Jones & A. Parikh. 1990. Ecology of a mediterranean-climate estuarine wetland at Carpinteria, California: plant distributions and soil salinity in the upper marsh. Canadian Journal of Botany 68: 1139-1146.

Chapman, V. J. 1934. The plant ecology of Scolt Head Island. In: J. A. Steers (ed.). Scolt Head Island. Heffer. Cambridge. pp. 85-163.

Chapman, V. J. 1960. Salt marshes and salt deserts of the World. Hill, London. 392 pp.

Chapman, V. J. 1974. Salt marshes and salt deserts of the World. In: Reimold, R. J. & W. H. Queen (eds.). Ecology of halophytes. Academic Press. New York. pp. 3-19.

Christiansen, W. 1955. *Salicornietum*. Mitteilungen der Floristich-Soziologischen Arbeitsgemeinschaft in Niedersachen., N.F. 5: 64-65.

Corré, J. J. 1979. L'équilibre des biocénoses végétales salées en basse Camargue. In: Jeffries, R. L. & A. J. Davy (eds.). Ecological process in coastal environments. Blackwell Scientific Publications. New York. pp. 65-76.

Davis, J. H. Jr. 1940. The ecology and geologic role of mangroves in Florida. Carnegie Inst. Wash. Publ. 51: 305-412.

Dawson, E. Y. 1962. Benthic marine exploration of Bahia de San Quintin, Baja California, 1960-61. No.7. Marine and marsh vegetation. Pacific Naturalist 3: 275-280.

Den Hartog, C. 1970. The sea-grasses of the world. Verhendelingen Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen Afdeling Naturweterschappen 59(1): 1-275.

Ferren, W. R. 1985. Carpinteria salt marsh. Environment, history, and botanical resources of a southern California estuary. The Herbarium, Department of Biological Sciences. University of California. Santa Barbara, California. No. 4. 300 pp.

Géhu, J. M. & J. Géhu-Franck. 1984. Schéma syntaxonomique et synchorologique des végétations phanérogamiques halophiles françaises. Documents Phytosociologiques N.S. 8: 51-70.

Géhu, J. M. & S. Rivas-Martínez. 1981. Notions fundamentales de phytosociologie. In: Dierschke, H. (ed.). Syntaxonomie. J. Cramer. Vaduz. pp. 5-53.

Géhu, J. M. & S. Rivas-Martínez. 1983. Classification of European salt plant communities. In: Dijkema, J. et al. (eds.). Study on European salt marshes and salt steppes. Conseil de l'Europe, SN-VS 83(4). Strasbourgh. pp. 32-40.

Gillham, M. E. 1957. Vegetation of the Exe Estuary in relation to water salinity. Journal of Ecology 45: 735-746.

Grandtner, M. M. 1976. Les marais salés du parc national Forillon, Québec, Canada. Colloques Phytosociologiques (Lille) 4: 171-179.

Grandtner, M. E. 1984. Le marais salé D'Ogunquit, Maine, USA. Documents Phytosociologiques, N.S. 8: 1-13.

Grisswold, T. J. 1988. Physical factors and competitive interactions affecting salt marsh vegetation. M. S. Thesis. San Diego State University. San Diego, California. 84 pp.

Henrickson, J. 1976. Ecology of southern California coastal salt marshes. In: Latting, J. (ed.). Plant communities of southern California. California Native Plant Society Special Publication No.2. Davis, California. pp. 49-64.

Hubbard, J. C. E. 1969. Light in relation to tidal inmersion and the growth of *Spartina townsendii* (*s.l.*). Journal of Ecology 57: 795-804.

Johnson, D. S. & H. H. York. 1915. The relations of plants to tide levels. A study of factors affecting the distribution of marine plants. Carnegie Instiute of Washington Publication 206: 1-162.

Knapp, R. 1957. Uber die Gliederung der Vegetation von Nordamerika. Geobotanische Mitteilungen 4: 1-63.

Lindberg, S. E. & R. C. Harris. 1973. Mechanisms controlling pore water salinities in a salt marsh. Limnological Oceanography 18: 788-791.

Lugo, E. A. 1980. Mangrove ecosystemes: succesional or steady state. Biotropica 12(2): 65-72.

Lugo, E. A. & S. C. Snedaker. 1974. The ecology of mangroves. Annual Review of Ecology and Systematics 5: 39-64.

Macdonald, K. B. 1969. Quantitative studies of salt marsh mollusc faunas from the North American Pacific Coast. Ecol. Monogr. 39: 33-60.

Macdonald, K. B. 1976. Plant and animal communities of Pacific North American salt marshes. In: Chapman, V. J. (ed.). Wet coastal formations. Elsevier. Amsterdam. pp. 167-169.

Macdonald, K. B. 1988. Coastal salt marsh. In: Barbour, M. G. & J. Major (eds.). Terrestrial vegetation of California. 2nd ed. California Native Plant Society Special Publication No.8. Davis, California. pp. 263-294.

Macdonald, K. B. & M. G. Barbour. 1974. Beach and salt marsh vegetation of the North American Pacific coast. In: Reimold R. J. & W. H. Queen (ed.). Ecology of halophytes. Academic Press. New York. pp. 175-233.

Macnae, W. 1967. Zonation within mangroves associated with estuaries in North Queenslands. In: Lauff, G. H. (ed.). Estuaries. AAAS Publ. Washington, DC. pp. 432-441.

Mahall, B. E. & R. B. Park. 1976a. The ecotone between *Spartina foliosa* Trin. and *Salicornia virginica* L. in salt marshes of northern San Francisco Bay. I. Biomass and productivity. Journal of Ecology 64: 421-433.

Mahall, B. E. & R. B. Park. 1976b. The ecotone between *Spartina foliosa* Trin. and *Salicornia virginica* L. in salt marshes of northern San Francisco Bay. II. Soil water and salinity. Journal of Ecology 64: 783-809.

Mahall, B. E. & R. B. Park. 1976c. The ecotone between *Spartina foliosa* Trin. and *Salicornia virginica* L. in salt marshes of northern San Francisco Bay. III. Soil aireation and tidal immersion. Journal of Ecology 64: 811-819.

Miller, W.R. & F.E. Egler. 1950. Vegetation of the Wequetequock Pacwcatuck tidal-marshes, Connecticut. Ecological Monographs 20: 143-172.

Mudie, P. J. 1970. A survey of the coastal wetland vegetation of north San Diego County. California State Resources Agency, Wildlife Management Administrative Report 70-4: 1-18.

Neuenschwander, L. F., T. H. Thorsted Jr., & R. J. Vogl. 1979. The salt marsh and transitional vegetation of Bahia de San Quintin. Bulletin of Southern California Academy of Science 78: 163-182.

Nordhagen, R. 1940. Studien über die maritime Vegetation Norwegens, I. Die Pflanzengesellschaften der Tangwälle. Bergens Museums Aarbog Afhandlinger Naturvitenks 1(2): 1-123.

Peinado, M. 1983. Ensayo sinfitosociológico sobre la vegetación de Ciudad Real (España). Portugaliae Acta Biologica 12: 507-518.

Peinado, M. & J. M. Martínez-Parras. 1985. El paisaje vegetal de Castilla-La Mancha. Servicio de Publicaciones. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Villarrobledo. 230 pp.

Peinado, M., F. Alcaraz, & J. M. Martínez-Parras. 1992. Vegetation of Southearstern Spain. Springer. Stuttgart. (en prensa).

Peinado, M., J. M. Martínez-Parras, C. Bartolomé, & F. Alcaraz. 1987. Síntesis sintaxonómica de la clase *Pegano-Salsoletea* en España. Documents Phytosociologiques, N.S. 11: 283-301.

Peinado, M., F. Alcaraz, J. Delgadillo, M. de la Cruz, J. Alvarez & J. L. Aguirre. 1992. The coastal salt marshes of California: A phytosociological approach. Manuscrito enviado a Vegetatio (en revisión).

Phleger, C. F. 1971. Effect of salinity on growth of salt marsh grass. Ecology 52: 908-911.

Purer, E. A. 1942. Plant ecology of the coastal salt marshlands of San Diego County, California. Ecological Monographs 12: 83-111.

Ranwell, D. S. 1972. Ecology of salt marshes and sand dunes. Chapman & Hall. London. 258 pp.

Reimold, R. J. & W. H. Queen (eds.). 1974. Ecology of halophytes. Academic Press. New York. 605 pp.

Richards, F. J. 1934. The salt marshes of the Dovey estuary. IV. Rates of vertical accretion, horizontal extension and scarp erosion. Annalen der Botanik 48: 225-259.

Rivas-Martínez, S. 1978. Las sinasociaciones de la Sierra de Guadarrama. In: Tüxen, R. (ed.). Assoziationskomplexe (sigmeten) und ihre praktische Anwendung. J. Cramer. Vaduz. pp. 189-212.

Rivas-Martínez, S., M. Costa, S. Castroviejo, & E. Valdés. 1980. Vegetación de Doñana (Huelva, España). Lazaroa 2: 5-190.

Rivas-Martínez, S., F. Alcaraz, D. Belmonte, P. Cantó & D. Sánchez Mata. 1984. Contribución al conocimiento de los saladares del sureste de la península Ibérica (*Arthrocnemion glauci*). Documents Phytosociologiques, N.S. 8: 335-342.

Rundel, P. W. & J. L. Vankat. 1989. Chaparral communities and ecosystems. In: Keeley, S. C. (ed.). The California chaparral. Paradigms reexamined. Natural History Museum of Los Angeles County (NO. 34 Science Series). Los Angeles, California. pp. 127-139.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México D.F. 432 pp.

Scott, J. C. 1977. Reinstatement and revision of Salicorniaceae J. Agardh (Caryophyllales). Bot. Journal of the Linnean Society 75: 357-354.

Taylor, N. 1938. A preliminary report on the salt marsh vegetation of Long Island, New York. Bulletin of New York State Museum 316: 21-84.

Thom, B. G. 1967. Mangrove ecology and deltaic geomorphology: Tabasco, México. J. Ecol. 55: 301-343.

Tüxen, R. (ed.). 1974. Assoziationskomplexe (sigmeten) und ihre praktische Anwendung. J. Cramer. Vaduz. 535 pp.

Vogl, R. J. 1966. Salt-marsh vegetation of upper Newport Bay, California. Ecology 47: 80-87.

Volleberg, P. J. & R. A. Congdon. 1986. Germination and growth of *Ruppia polycarpa* and *Lepilaena cylindrocarpa* in ephemeral salt marsh pools, Westernport Bay, Victoria. Aquatic Botany 26: 165-179.

Waisel, Y. 1972. Biology of halophytes. Academic Press. New York. 395 pp.

Walter, H. 1977. Zonas de vegetación y clima. Ed. Omega. Barcelona.

Westhoff, V. & E. van der Maarel. 1973. The Braun-Blanquet approach. In: Whittaker, R. H. (ed.). Ordination and classification of communities. Dr. W. Junk. The Hague. pp. 617-726.

Westhoff, V. & M. G. Schouten. 1979. The diversity of European coastal ecosystems. In: Jeffries, R. L. & A. J. Davy, (eds.). Ecological process in coastal environments. Blackwell Scientific Publications. New York. pp. 3-25.

Whittaker, R. H. (ed.) 1973. Ordination and classification of communities. Dr. W. Junk, The Hague. 737 pp.

Wiggins, I. L. 1980. Flora of Baja California. Stanford University Press. Stanford, California. 1025 pp.

Zedler, J. B. 1975. Salt marsh community structure along an elevation gradient. Bulletin of the Ecological Society of America 56: 47.

Zedler, J. B. 1977. Salt marsh community structure in the Tijuana Estuary, California. Estuarine Coastal Marine Science 5: 39-53.

Zedler, J. B. 1982. The ecology of southern California coastal salt marshes: a community profile. United States Fish and Widlife Service FWS/OBS 81-54: 1-110. (Second printing with corrections 1984).

Zedler, J. & C. S. Nordby. 1986. The ecology of Tijuana Estuary, California: an estuarine profile. United States Fish and Widlife Service Biological Report 85(7.5): 1-104.

Acta Botánica Mexicana (1992), 19:37-61

ALGAS MARINAS BENTONICAS DE ISLA MUJERES, QUINTANA ROO, MEXICO[1]

A. Catalina Mendoza-Gonzalez[2]
Luz Elena Mateo-Cid

Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, I.P.N.
Prolongación de Carpio y Plan de Ayala
11340 México, D.F.

RESUMEN

Se presentan los resultados obtenidos del estudio de las algas marinas bentónicas en aguas caribeñas de Isla Mujeres, Quintana Roo, México. La lista florística se acompaña de datos sobre la distribución de las especies, el estado reproductivo, el nivel de marea, las facies, el modo y el epifitismo. Se identificaron 10 especies de Cyanophyceae, 122 especies de Rhodophyceae, 33 especies y 1 variedad de Phaeophyceae, 6 especies de Bacillariophyceae y 74 especies, 1 variedad y 10 formas de Chlorophyceae.

Se comparó la diversidad de las especies entre la estación climática de lluvias y la de secas, durante 1983, 1984, 1985 y 1987. Existen diferencias significativas entre el número total de especies por estación climática. Cyanophyceae, Bacillariophyllaceae y Phaeophyceae presentaron un número menor de especies con relación a Rhodophyceae y Chlorophyceae.

Los componentes principales de la vegetación marina bentónica de Isla Mujeres son las especies de las familias Caulerpaceae y Udoteaceae, junto con *Thalassia testudinum*. La ficoflora de Isla Mujeres es tropical y tiene un florecimiento de primavera-verano que corresponde a la estación climática de lluvias.

Se discute la diversidad de las especies en relación con facies, luz, temperatura y mareas.

ABSTRACT

Results are presented of a study on benthic marine algae from the Caribbean waters, of Isla Mujeres, Quintana Roo, Mexico. The floristic list includes data on distribution of species, reproductive stage, tidal level, mode, facies and epiphytism. Ten species of Cyanophyceae, 122 species of Rhodophyceae, 33 species and 1 variety of Phaeophyceae, 6 species of Bacillariophyceae and 74 species, 1 variety and 10 forms of Chlorophyceae were identified.

Species diversity was compared for two different climatic seasons, the rainy and the dry, during 1983, 1984, 1985 and 1987. Differences in the total number of species found in each climatic seasons were significant. The number of species of Cyanophyceae, Bacillariophyceae and Phaeophyceae was constantly lower than the number of the Rhodophyceae and Chlorophyceae.

The species of the families Caulerpaceae and Udoteaceae, together with *Thalassia testudinum* are the principal components of the benthic marine vegetation of Isla Mujeres. The algal flora of Isla Mujeres is tropical, it blooms in spring-summer during the rainy season.

Species diversity in relation to facies, light, temperature and tides is discussed.

---

[1] Trabajo parcialmente subsidiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Proyecto PCECBNA-030101.

[2] Profesor becario de COFAA-IPN.

INTRODUCCION

El conocimiento que se tiene de la flora ficológica del Caribe mexicano es escaso, los estudios de mayor importancia realizados sobre las algas marinas en esta región son los de Huerta (1958, 1961), Taylor (1972), Garza (1975), Huerta y Garza (1980) y Huerta et al. (1987).

En relación al área de estudio, sólo en los trabajos de Huerta (1958), Taylor (1972) y Huerta et al. (1987) se encuentran citas de algas marinas para Isla Mujeres.

El objetivo de este trabajo es contribuir al conocimiento de las algas marinas bentónicas de Isla Mujeres; se presenta una lista florística de datos relativos a la distribución de las especies en el área de estudio, el estado reproductivo, el nivel de marea, el modo, las facies y el epifitismo, asimismo se hace un análisis general de la influencia del sustrato, luz, temperatura y mareas sobre las poblaciones de algas marinas.

ZONA DE ESTUDIO

Isla Mujeres está situada a 5 km de la costa oriental de la península de Yucatán, en el estado de Quintana Roo, a los 21° 12' de latitud norte y 86° 43' 39" de longitud oeste, determinados en la punta sur de la isla (Fig. 1). Tiene 8 km de largo, 800 m de ancho y 3.44 km^2 de superficie; esta orientada de sursureste a nornoroeste (Tamayo, 1962).

De acuerdo con el sistema climático de Köppen, modificado por García (1973), el área de estudio tiene un clima del tipo $Aw''_o(x')(i')$, cálido subhúmedo con lluvias de verano. Presenta dos estaciones climáticas bien definidas: 1) la de lluvias, que comprende una temporada corta de mayo y junio y una larga de septiembre a enero y, 2) la de secas, que corresponde a los meses de febrero, marzo, abril, julio y agosto. La precipitación media anual es de 980 mm.

La temperatura media anual es de 27.7°C. La isla se encuentra bajo la influencia de la corriente marina del Caribe, la que se origina de la corriente Norecuatorial que nace entre Africa y Sudamérica; no existen corrientes de surgencia en esta isla (Anónimo, 1974).

La marea es de tipo mixto y de poca amplitud presentando un nivel medio del mar de 0.21 m, siendo la pleamar media superior de 0.40 m y la bajamar media de -0.61 m, con una variación menor de 0.30 m; la época de las mareas vivas es de noviembre a febrero, éstas ocurren de las 14 a las 19 horas (Anónimo, 1979).

METODOLOGIA

Las muestras biológicas se obtuvieron durante 1983, 1984, 1985 y 1987, mediante 6 muestreos, 2 en la estación climática de secas y 4 en la de lluvias. Los ejemplares se colectaron en 4 localidades de muestreo, en las que se reconocieron las diferentes facies propicias para el desarrollo de las algas marinas, a mencionar: playas arenosas con ceibadales y zonas rocosas con pozas de marea litorales (Fig. 1).

Por las características de los lugares de muestreo se realizaron colectas en sectores restringidos de 100 m de extensión en la localidad 3. En las localidades 1 y 2 se efectuaron recorridos en una extensíon aproximada de 1.5 km; en la localidad 4 se revisó un sector de 400 m.

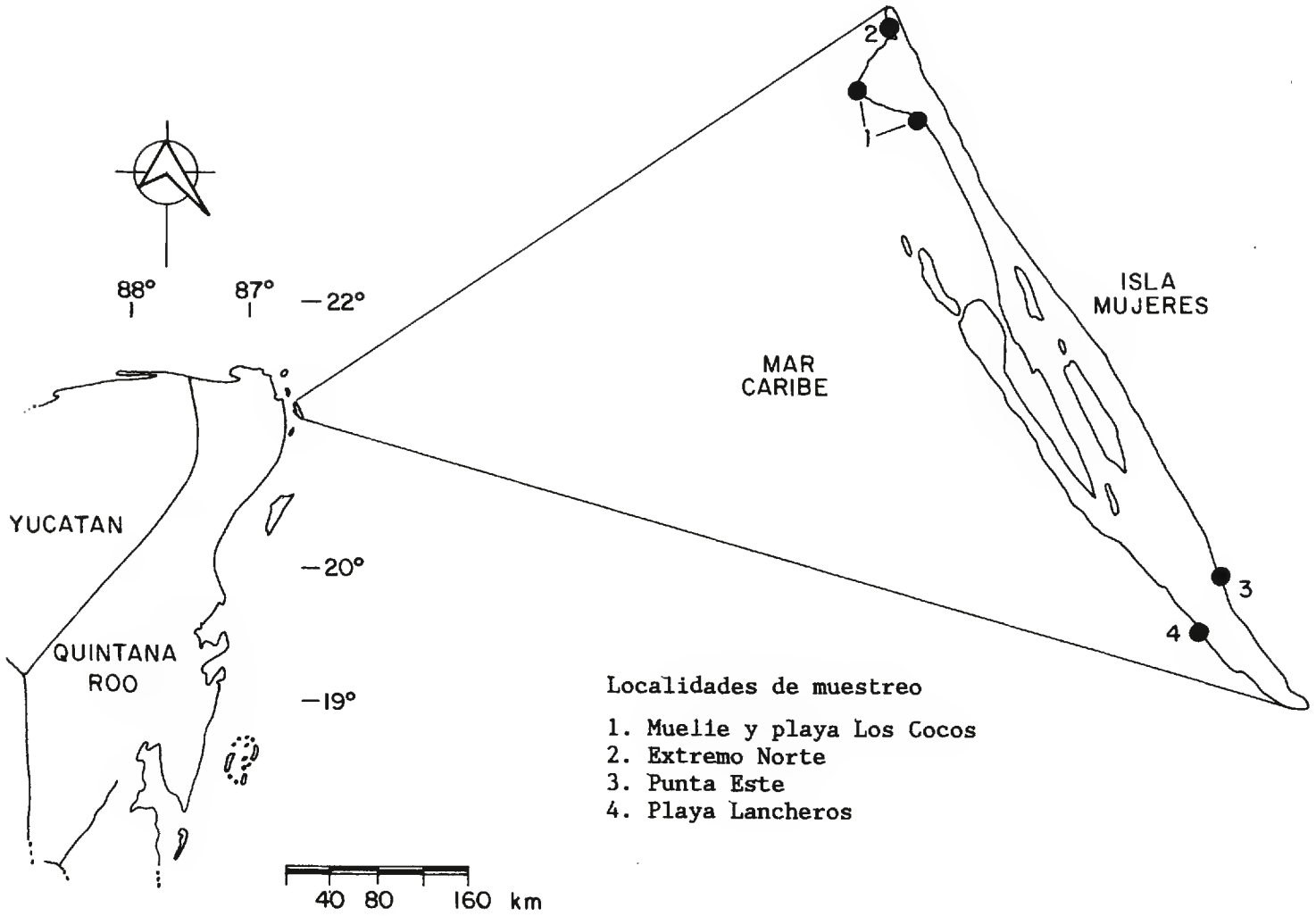

Fig. 1. Ubicación del área de estudio y de las localidades de muestreo.

El material ficológico fue colectado a mano en los niveles de marea litoral e infralitoral con ayuda de espátulas y navajas de mano. Las muestras se fijaron en formaldehido a 4% en agua de mar. El material fue procesado y depositado en el herbario ENCB. En la descalcificación de las especies de los géneros *Lithophyllum, Neogoniolithon* e *Hydrolithon* se usó HCl 1:2; en el caso de los ejemplares poco calcificados como *Jania, Halimeda, Udotea* y *Penicillus* se utilizó HCl 1:4. La identificación del material ficológico se llevó a cabo utilizando las obras de Boergesen (1916, 1920), Feldmann-Mazoyer (1941), Taylor (1960), Joly (1965), Werner (1977) y Humm y Wicks (1980). La secuencia de la lista florística sigue el orden propuesto por Werner (1977) para Bacillariophyceae, el de Humm y Wicks (1980) para Cyanophyceae y el de Wynne (1986) para Rhodophyceae, Phaeophyceae y Chlorophyceae.

Para el establecimiento del nivel de marea, modo y las facies se utilizó la clasificación de Feldmann (1937).

LOCALIDADES DE MUESTREO

Localidad 1. El Muelle y playa Los Cocos. En este sector dominan las playas arenosas con praderas de *Thalassia testudinum*, agregados rocosos dispersos, numerosos pilotes de madera y fragmentos de coral. Las colectas se efectuaron en una extensión aproximada de 1.5 km en los niveles litoral e infralitoral, en este último por medio de buceo libre a 25-100 m de distancia de la playa y entre 1 y 4 m de profundidad, y por buceo autónomo a 1 km de la playa y entre 8-15 m de profundidad. Estas localidades fueron visitadas en octubre de 1983, noviembre de 1984, septiembre de 1985 y junio de 1987 (durante la época de lluvias) y, en marzo y julio de 1985, en épocas de secas. El material ficológico se colectó sobre sustrato rocoso, en arena, conchas, esponjas, guijarros y en las praderas de *Thalassia*.

Localidad 2. Extremo Norte. Formada por una pequeña bahía de playas arenosas con oleaje tranquilo y praderas de *Thalassia* y una zona rocosa muy expuesta al oleaje, constituída por calizas de estructura cárstica en las que se forman pozas de marea litorales de 20 a 80 cm de diámetro por 20 a 50 cm de profundidad y otras de 6-24 m de diámetro y 1 a 2.5 m de profundidad. Este lugar se visitó durante la época de lluvias en octubre de 1983, noviembre, 1984; septiembre, 1985 y junio, 1987 y, en la de secas, en marzo y julio de 1985; se realizaron recorridos de aproximadamente 1000 m, colectándose en la zona litoral expuesta, sobre rocas y en pozas de marea; en la zona infralitoral se obtuvo el material en el sustrato arenoso y en las praderas de *Thalassia* a una profundidad de .5 a 1 m y a aproximadamente 15 m de distancia de la playa.

Localidad 3. Punta Este. Está formada por una costa rocosa baja con numerosas rompientes expuestas a fuerte oleaje; en esta localidad se colectó en el nivel litoral rocoso y en pozas de marea de 20 a 40 cm de diámetro y 10 a 25 cm de profundidad, en una extensión de 100 m. Se visitó en noviembre, 1984; septiembre, 1985 y junio, 1987 (época de lluvias) y durante marzo y julio, 1985 (época de secas).

Localidad 4. Playa Lancheros. Es una playa arenosa con oleaje tranquilo y praderas de *Thalassia*, agregados de corales y rocas. El material se obtuvo en el nivel infralitoral de modo protegido por medio de buceo libre, entre 1 y 4 m de profundidad y desde 20 hasta 200 m de distancia de la playa en una extensión de 400 m; durante la época de lluvias se colectó en octubre, 1983; noviembre, 1984; septiembre, 1985 y junio, 1987 y, en la de secas, en marzo y julio de 1985. El material biológico se obtuvo sobre rocas, guijarros, agregados de coral, caracoles, conchas, arena y en praderas de *Thalassia*.

RESULTADOS Y DISCUSION

Flora

El total de algas marinas identificadas fue de 257; de éllas, 10 especies corresponden a Cyanophyceae, 122 a Rhodophyceae, 33 especies y 1 variedad a

Phaeophyceae, 6 especies a Bacillariophyceae y 74 especies, 1 variedad y 10 formas a Chlorophyceae.

El porcentaje de especies para cada clase es el siguiente: Cyanophyceae 3.89%, Rhodophyceae 47.47% Phaeophyceae 13.22%, Bacillariophyceae 2.33% y Chlorophyceae 33.07%.

En la estación climática de lluvias se localizaron 216 taxa y en la de secas 164.

En las localidades 1 y 2 se presentó el número más alto de especies en ambas estaciones climáticas. En la localidad 1 se identificaron 129 taxa en la estación de lluvias y 86 en la de secas; en la localidad 2 se hallaron 126 en la época de lluvias y 85 en la de secas.

Feldmann (1937) introdujo el cociente R/P para cuantificar la variación de especies de algas rojas en relación a las pardas en diferentes latitudes y señaló que el valor de R/P en la zonas árticas es de 1 a 1.5 y en las tropicales es mayor de 3. Los datos obtenidos en este estudio indican un valor de R/P de 3.59, lo que muestra que la flora marina de Isla Mujeres es tropical.

Del total de la ficoflora aquí listada, 14 especies (5.4%), corresponden a nuevos registros para el Caribe mexicano; éstos se encuentran señalados en la columna de observaciones del cuadro 2.

Facies

La naturaleza física del sustrato determina en gran manera el establecimiento. la distribución y composición de la flora marina en cada localidad. En relación con las algas bentónicas del Caribe, los habitats más característicos, comunes e interesantes son los manglares, las praderas de *Thalassia*, las costas rocosas y los arrecifes coralinos (Díaz-Piferrer, 1967).

Facies rocosas. Taylor (1960) menciona que en el nivel litoral de facies rocosas y modo expuesto es donde se localiza la mayor diversidad de algas marinas. Esto concuerda con el número de especies encontradas en las localidades de muestreo 2 y 3 de Isla Mujeres, en las que dominó el sustrato rocoso, constituído por calizas fragmentadas con numerosas oquedades que forman pozas de marea litorales; las que en conjunto ofrecen un sustrato adecuado para la fijación de las algas marinas. Sin embargo, el tipo de marea, el régimen de desecación, así como la luz y la temperatura influyen en la presencia o ausencia de las algas en el nivel litoral (Dawes, 1986).

En las zonas rocosas expuestas de la localidad 2 se encontraron numerosas especies de algas marinas, entre ellas tenemos a: *Galaxaura marginata, Asparagopsis taxiformis, Amphiroa* spp., *Gracilaria crassissima, Coelothrix irregularis, Chondria littoralis, Sargassum polyceratium, Dictyota* spp., *Padina gymnospora* y *Ulva lactuca* entre otras.

En la zona rocosa expuesta de la localidad 3 se localizaron como principales a: *Spyridia filamentosa, Polysiphonia howei, Gelidiopsis intricata, Dictyopteris justii, Colpomenia sinuosa, Dictyota mertensii, Dilophus guineensis, Stypopodium zonale* y *Sargassum furcatum.*

Sobre las rocas del nivel litoral semiexpuesto de la localidad 1 se encontraron: *Cladophora vagabunda, Ulva fasciata, U. lactuca* y *Centroceras clavulatum.* En la localidad

4, sobre guijarros y rocas del nivel infralitoral protegido se ubicó a: *Acanthophora spicifera, Cordylecladia peasiae, Gracilaria cylindrica, Cladophora vagabunda, Codium intertextum, Valonia aegagrofila, V. macrophysa* y *Dictyosphaeria cavernosa,* entre otras.

Facies de pozas de marea. En el nivel litoral rocoso se localizaron depresiones o cavidades extendidas más o menos profundas que constituyen pozas, también conocidas como cubetas o charcas, las que contienen agua de mar sujeta a renovación esporádica o constante provocada por oleajes o mareas.

En las pozas de marea litorales de modo semiexpuesto de las localidades 2 y 3 se registró a: *Neomeris annulata, Halimeda incrassata, H. monile, H. scabra, Udotea flabellum, U. occidentalis, Cladocephalus luteofuscus, Caulerpa racemosa* v. *peltata, Neogoniolithon affine, N. accretum, Ceramium cruciatum, Bostrychia binderi, Laurencia flagellifera, Dictyopteris delicatula* y *Dictyota cervicornis,* etc.

Facies arenosa con ceibadal. Los ceibadales cubren extensiones variables de la zona infralitoral, en carpetas discontinuas de sustrato arenosos o fango-arenoso, con rocas dispersas, fijas o sueltas de tamaños variables, conchas y corales muertos. La iluminación es intensa y la profundidad escasa y poco desigual. Entre las fanerógamas marinas presentes, *Thalassia testudinum* es predominante y da su nombre a este tipo de habitat (Díaz-Piferrer, 1967).

El tipo de sustrato que dominó en las localidades de muestreo establecidas en Isla Mujeres, fue el arenoso con ceibadal, presente en 3 de las 4 estaciones de muestreo.

Las familias Udoteaceae y Caulerpaceae, típicamente psamófilas, dominaron en la flora de Isla Mujeres, ya que forman la vegetación en praderas extensas en las localidades de muestreo. Junto con la fanerógama *Thalassia testudinum* son las más abundantes y comunes en la zona de estudio.

En la localidad 1, en el nivel infralitoral protegido , se encontró a *Udotea flabellum, Halimeda discoidea, H. monile, H. incrassata, Penicillus capitatus, Caulerpa racemosa* y *C. sertularioides.* A su vez *Chondria baileyana, C. curvilineata, Champia parvula, Polysiphonia gorgoniae* y *Cladosiphon zosterae* crecían como epífitas de *Thalassia.*

En el nivel infralitoral protegido de la localidad 2 se halló a: *Penicillus capitatus, P. dumetosus, Halimeda monile, Caulerpa sertularioides* y *C. verticillata.* Mientras que *Pneophyllum lejolisii* y *Ectocarpus siliculosus* crecían como epífitas de *Thalassia.*

En cambio en la playa Lancheros, localidad 4; en la zona infralitoral protegida se localizó a *Udotea conglutinata, Halimeda tuna, H. opuntia, Rhipocephalus phoenix, Avrainvillea longicaulis, A. nigricans, A. rawsonii, Caulerpa cupressoides, C. paspaloides, C. mexicana* y *C. racemosa.* A su vez *Herposiphonia secunda* f. *tenella, Ceramium fastigiatum* y *Fosliella farinosa* se encontraron como epífitas de *Thalassia.*

En las localidades 1, 2 y 4 las ulváceas son comunes y abundantes. En las rocas de origen coralino que pueblan los lechos de *Thalassia* son usuales *Dictyosphaeria cavernosa, Anadyomene stellata,* todas las especies de *Valonia, Cladophoropsis membranacea* y *Bryopsis hypnoides.* Las especies de *Cladophora* son comunes, especialmente *C. catenata* y *C. vagabunda.* Esto nos lleva a considerar a las clorofíceas como predominantes en el elemento algal de las praderas de *Thalassia.*

El cuadro 1 muestra las 9 familias mejor representadas en el área de estudio, en cuanto al número de especies se refiere; en conjunto incluyen 63.4% del total de la

diversidad florística registrada (Cuadro 2). Los miembros de las familias Corallinaceae, Gracilariaceae, Rhodomelaceae, Dictyotaceae y Sargassaceae se localizaron en facies rocosas expuestas y protegidas. Los representantes de las familias Udoteaceae y Caulerpaceae son psamófilos y prosperan en las 4 localidades de muestreo, ya que también se desarrollan en las pozas de marea litorales.

Cuadro 1. Familias mejor representadas en Isla Mujeres. En la columna de las especies, las variedades y las formas cuentan también como entidades distintas.

FAMILIAS	GENEROS	ESPECIES
Corallinaceae	9	17
Gracilariaceae	2	9
Ceramiaceae	8	19
Dasyaceae	4	10
Rhodomelaceae	12	35
Dictyotaceae	7	20
Sargassaceae	2	7
Caulerpaceae	1	13
Udoteaceae	7	33

Existen diferencias notables entre el número de especies de las localidades 1 y 2 y el encontrado en la 3 y 4; pues aunque el tipo de facies de las localidades 1 y 4 son similares, playas arenosas con praderas de *Thalassia testudinum,* rocas y guijarros; las dimensiones de las estaciones de muestreo no son análogas, ya que la zona de colecta de la localidad 1 es mucho mayor que la de la 4. Con respecto a las localidades 2 y 3 algo similar ocurre, pues aunque ambas poseen zonas rocosas y expuestas con pozas de marea litorales, sus extensiones no son similares.

Por otro lado, la isla presenta una corriente marina que va de sur a norte y el agua que llega a las localidades 3 y 4 es limpia y carece de los contaminantes de la población, provenientes de restaurantes, hoteles y casas habitación. En contraste, la localidad 1 tiene una gran cantidad de materia orgánica en descomposición y siempre se encontró una espectacular abundancia de ciertas especies de algas como *Ulva lactuca, U. fasciata, Enteromorpha compressa, Cladophoropsis macromeres* y *Centroceras clavulatum;* probablemente para tales plantas sea benéfica la presencia de estos contaminantes. Se ha demostrado que los tipos y concentraciones de nitrógeno y amoniaco, que provienen de la descomposición de la materia orgánica por bacterias, influyen en las tasa de crecimiento de las algas verdes como *Ulva* y *Enteromorpha*, produciendo el amoniaco las tasas de crecimiento más altas (Dawes, 1986).

Temperatura, luz y mareas

Los factores más importantes que determinan la distribución geográfica de las algas marinas son la luz y la temperatura; otros factores como la salinidad, el tipo de sustrato y la acción de las olas son fundamentalmente importantes en la distribución de las comunidades (Dawes, 1986). En la zona de estudio los días más largos corresponden

a primavera y verano y son hasta de 4 y 5 horas más largos que los de otoño e invierno, por lo que la disponibilidad de luz para las plantas marinas es mayor; esta condición posiblemente influye en el aumento del número de especies de algas encontradas durante la primavera y el verano.

La temperatura, asimismo, juega un papel importante al presentarse las mareas vivas; ya que la desecación que toleran las algas provoca un incremento en las concentraciones internas de sal; por otro lado si las mareas vivas coinciden con las horas de más alta temperatura los daños ocasionados en las poblaciones litorales son muy drásticos (Santelices, 1977).

Cambios estacionales de la diversidad florística

En las zonas litorales expuestas de las localidades 1 y 2 de Isla Mujeres se presentó la diversidad más alta de especies en la estación de lluvias. En esta época las mareas vivas se presentan en la madrugada, en las primeras horas de la mañana y en la noche (Anónimo, 1979); en este patrón mareal de dos veces por día las mareas bajas no coinciden con las horas en que la insolación y la temperatura ambiental son más altas. En la temporada de secas las mareas vivas se presentan al mediodía y al atardecer, por lo que las poblaciones litorales se encuentran expuestas a fuerte iluminación y altas temperaturas, lo que las deseca. Tal fenómeno influye en el descenso en el número de especies de algas marinas en esta época.

Especies epífitas

En este estudio se localizaron 59 especies epífitas, de las cuales 31 lo son estrictamente (Feldmann, 1937); estas últimas se encuentran señaladas en la columna de observaciones del cuadro 2. Del total de las 59 especies, 8 corresponden a Cyanophyceae, 37 a Rhodophyceae, 5 a Phaeophyceae, 6 a Bacillariophyceae y 3 a Chlorophyceae.

El número más alto de epífitas se encontró en la estación de lluvias, observándose sobre todo un incremento en la cantidad de especies de este habitat en las familias Dasyaceae, Ceramiaceae y Rhodomelaceae.

Reproducción

El tipo de reproducción que predominó en las Cyanophyceae y Rhodophyceae, fue el asexual; principalmente por tetrasporas, que en las segundas tiene la ventaja de requerir de un menor gasto de energía para la formación de las esporas y éstas son diseminadas en forma rápida (Santelices, 1977).

La mayoría de las Phaeophyceae se observaron en reproducción sexual, sobre todo talos femeninos. Se sabe que los receptáculos de especies de *Sargassum* y *Turbinaria* que viven en los niveles altos de marea están incluidos en mucílagos, los que protegen a los gametos hasta que éstos puedan ser liberados (Santelices, 1977).

En cuanto a las Chlorophyceae, el grueso de sus representantes se localizó en estado vegetativo, ya que las fases sexuales son poco notorias y efímeras. En particular para las familias Udoteaceae y Caulerpaceae, Fritsch (1935) indica que "1) las especies de *Caulerpa* crecen por medio de estolones, lo que les permite una rápida propagación en su habitat y 2) las especies de la familia Udoteaceae se reproducen vegetativamente por propágulos y rizoides, como en el caso de *Halimeda, Penicillus* y *Udotea*".

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos de manera especial a la Q.B.P. Laura Huerta M. la certificación de la identidad de algunas especies problema y su inestimable asesoramiento. A las Bióls. Magnolia Nava, Olivia Mendoza y Bertha López su valiosa colaboración en el procesamiento del material ficológico para su inclusión en el herbario ENCB, y a los CC. Juan Pérez y Pedro García, pescadores de Isla Mujeres, su valiosa ayuda en el trabajo de campo durante julio de 1985.

Cuadro 2. Algas marinas bentónicas de Isla Mujeres, Quintana Roo.

ESPECIES	LOCALIDADES				REPROD.		NIVEL DE MAREA	MODO	FACIES	EPIF. DE	OBS.
	1	2	3	4	B	S					
CYANOPHYCEAE											
Chrooccocaceae											
1- *Coccochloris stagnina* Drouet et Daily		B			O		L	Se		92	* ç
Chamaesiphonaceae											
2- *Entophysalis conferta* (Kützing) Drouet et Daily	S	BS				O	Is	P		21 33 102	*
Oscillatoriaceae											
3- *Microcoleus lyngbyaceus* (Kützing) Crouan	BS	BS	BS	BS	O	O	L Is	P Ex	J R	49 123 129	* Pm
4- *Oscillatoria margaritifera* Kützing		B					Is	P		230	* ç NC
5- *Schizothrix arenaria* (Berkeley) Gomont	S		S				L	Se		49 129	*
6- *S. mexicana* Gomont		BS		B			L Is	Ex P	R J		
7- *Spirulina subsalsa* Oersted		B					L	Se		3	* ç
Nostocaceae											
8- *Calothrix crustacea* Thuret	BS	BS	BS	B	O	O	L Is	Ex P	R J	18 31 92	* Pm
9- *Mastigocoleus testarum* Lagerhing	S					O	Is	P		31 206	* NC
10- *Scytonema hoffmanii* C. Agardh			B		O		L	Ex	R		
RHODOPHYCEAE											
Goniotrichaceae											
11- *Chroodactylon ornatum* (C. Agardh) Basson		BS					L	Se		33	* ç
12- *Stylonema alsidii* (Zanardini) Drew	B						Is	P		55 60 132	*

ESPECIES	LOCALIDADES				REPROD.		NIVEL DE MAREA	MODO	FACIES	EPIF. DE	OBS.
	1	2	3	4	B	S					
Erythropeltidaceae											
13- *Erythrocladia irregularis* Rosenvinge	BS	B					L	Se		36 45 129	*
Bangiaceae											
14- *Bangia atropurpurea* (Roth) C. Agardh	B				O		L	Ex	R		
Acrochaetiaceae											
15- *Audouinella daviesii* (Dillwyn) Woelkerling	S					O	Is	P		122	* ç
Helminthocladiaceae											
16- *Liagora valida* Harvey		S				f	L	Ex	R		
Galaxauraceae											
17- *Galaxaura marginata* (Ellis et Solander) Lamouroux		BS			⊕		Is	P	R J		
18- *G. oblongata* (Ellis et Solander) Lamouroux	S	BS		S	C	C	L Is	Ex P	R J		
19- *G. rugosa* (Ellis et Solander) Lamouroux	BS	BS			C		L Is	Ex Se	R J		Pm
Gelidiaceae											
20- *Gelidium americanum* (W. Taylor) Santelices		B		B	⊕		L Is	Ex P	R J		Ez2
21- *G. latifolium* (Greville) Bornet et Thuret		B		B	⊕		L	Se	R		Pm
22- *G. pusillum* (Stackhouse) Le Jolis				B	⊕		Is	P	R		Ez1
Gelidiellaceae											
23- *Gelidiella acerosa* (Forsskal) Feldmann et Hamel		BS	B		⊕		L	Se Ex	R		Pm
24- *G. trinitatensis* W. Taylor	B				⊕		L	Ex	R		Ez2 NC
Bonnemaisoniaceae											
25- *Asparagopsis taxiformis* (Delile) Trevisan	BS	B			f	f	L	Ex	R		
Corallinaceae											
26- *Amphiroa fragilissima* (Linnaeus) Lamouroux		BS		S	⊕	⊕	Is L	P Se	R J		Pm

ESPECIES	LOCALIDADES				REPROD.		NIVEL DE MAREA	MODO	FACIES	EPIF. DE	OBS.
	1	2	3	4	B	S					
27- *A. rigida* Lamouroux v. *antillana* Boergesen		BS		B	⊕	⊖	L Is	Ex P	R J		Pm
28- *A. tribulus* (Ellis et Solander) Lamouroux				B	⊕		Is	P	R		
29- *Amphiroa* sp. 1	BS	B			⊕	⊕	L	Ex	R		
30- *Amphiroa* sp. 2	BS				⊕	⊕	L	Ex	R		
31- *Fosliella farinosa* (Lamouroux) Howe	BS	BS	BS	BS	C ⊕	C ⊕	L Is	Se P		s/T 115 146 149	* Pm
32- *Goniolithon decutescens* (Heydrich) Foslie		B			⊕		L	Ex	R		
33- *Haliptilon cubense* (Montagne ex Kützing) Garbary et Johansen	BS	BS	B	B	C	⊕	L Is	Ex P	R J	124	* Pm
34- *Hydrolithon improcerum* (Foslie et Howe) Foslie		B			C		L	Ex	R		
35- *Jania adhaerens* Lamouroux	BS	BS	B	B	⊕	⊕	L	Se	R	9 232 247	*
36- *Neogoniolithon accretum* (Foslie et Howe) Setchell et Mason		BS			⊕	⊖	L	Se	R		Pm
37- *N. acropetum* (Foslie et Howe) Adey?	B				⊖		Is	P	J		NC
38- *N. affine* (Foslie et Howe) Setchell et Mason		B			⊖		L	Se	R		Pm
39- *N. erosum* (Foslie) Adey	S				⊕		Is	P	J		
40- *N. spectabile* (Foslie) Setchell et Mason		S	B		⊕	⊕	L	Ex	R		
41- *Pneophyllum lejolisii* (Rosanoff) Y. Chamberlain	B	B			C ⊕		Is	P		s/T	* ç
42- *Porolithon pachydermum* (Foslie) Foslie				B	⊖		Is	P	J		
Hypneaceae 43- *Hypnea cervicornis* J. Agardh				S			Is	P	J		
44- *H. musciformis* (Wulfen in Jacquin) Lamouroux	BS	B			C ⊕	⊕	L Is	Ex P	R J		
45- *H. spinella* (C. Agardh) Kützing	B				⊕		Is	P	J		

ESPECIES	LOCALIDADES				REPROD.		NIVEL DE MAREA	MODO	FACIES	EPIF. DE	OBS.
	1	2	3	4	B	S					
Solieriaceae											
46- *Eucheuma gelidium* (J. Agardh) J. Agardh	B						Is	P	R		
47- *Solieria filiformis* (Kützing) Gabrielson	BS				⊕		Is	P	R		
Gracilariaceae											
48- *Gelidiopsis intricata* (C. Agardh) Vickers		BS	S		⊕		L	Ex	R		Pm
49- *Gracilaria blodgettii* Harvey	S					⊕	Is	P	R		
50- *G. cervicornis* (Turner) J. Agardh	B				C		Is	P	R		
51- *G. crassissima* (P. et H. Crouan in Maze et Schramm) P. et H. Crouan in Maze et Schramm		B	B		⊕		L	Ex Is	R P	J	
52- *G. cuneata* Areschoug	B				⊕		Is	P	J		
53- *G. cylindrica* Boergesen	S			BS	⊕	⊕	Is	P	J		
54- *G. mammillaris* (Montagne) Howe	BS				⊕	⊕	Is	P	J		
55- *G. verrucosa* (Hudson) Papenfuss	BS				⊕	⊕	L	Ex	R		
56- *G. wrightii* (Turner) J. Agardh	BS				⊕	⊕	L	Ex	R		
Sedis Incertae											
57- *Cordylecladia peasiae* Collins				B	⊕		Is	P	J		NC
Peyssonneliaceae											
58- *Peyssonnelia simulans* Weber-van Bosse in Boergesen	B		B		⊕		L Is	Ex P	J R		Ez2
Halymeniaceae											
59- *Grateloupia filicina* (Lamouroux) C. Agardh	BS	B			C ⊕	C	Is	P	J		
60- *Halymenia floresia* (Clemente) C. Agardh	S					C	Id	P	R		
Champiaceae											
61- *Champia parvula* (C. Agardh) Harvey	BS	B		B	⊕ C	⊕ C	Is	P		s/T	* ç
62- *C. salicornioides* Harvey	S					⊕	Is	P	J		
63- *Coelothrix irregularis* (Harvey) Boergesen		BS					L	Ex Se	R		Pm

ESPECIES	LOCALIDADES				REPROD.		NIVEL DE MAREA	MODO	FACIES	EPIF. DE	OBS.
	1	2	3	4	B	S					
Rhodymeniaceae											
64- *Botryocladia occidentalis* (Boergesen)	B				⊕		Id	P	R		
65- *B. pyriformis* (Boergesen) Kylin		B			⊕		L	Se	R		Pm
66- *Rhodymenia pseudopalmata* (Lamouroux) Silva	S					⊕	Id	P	R		NC
Ceramiaceae											
67- *Anotrichium tenue* (C. Agardh) Nägeli	B				C f		Is	P		123	* ç
68- *Callithamnion cordatum* Boergesen	S					C f	Id	P		60	* ç
69- *C. neglectum* (Feldmann-Mazoyer) Wynne		B			⊕		L	Se	R		Pm
70- *Centroceras clavulatum* (C. Agardh in Kunth) Montagne in Durieu de Maisonneuve	BS	S			⊕	⊕	L Is	Ex P	R J		
71- *Ceramium brasiliense* Joly	B	B			⊕		L Is	Se P		s/T 240	*
72- *C. brevizonatum* v. *caraibicum* H. Petersen et Boergesen	B				⊕		Is	P		123	* ç
73- *C. codii* (Richards) Feldmann-Mazoyer		B			⊕		L	Se		208	* ç
74- *C. cruciatum* Collins et Hervey	S	S	S			⊕	L	Se	R		Pm
75- *C. dawsonii* Joly		S				C f	Is	P		s/T	* ç
76- *C. fastigiatum* Harvey in Hooker	B			B		C	Is	P		s/T	* ç
77- *C. flaccidum* (Kützing) Ardissone		B		S	C f	⊕	Is	P		s/T 100	*
78.- *C. nitens* (C. Agardh) J. Agardh	BS			S			Is	P	J		
79- *C. strictum* Harvey	S					⊕	Is	P		s/T	* ç
80- *Crouania attenuata* (C. Agardh) J. Agardh		B			⊕		L	Se		116 245	* Pm
81- *Spyridia filamentosa* (Wulfen) Harvey in Hooker	BS	B			C ⊕		L Is	Ex P	R J		
82- *S. hypnoides* (Bory in Belanger) Papenfuss	BS	B	BS		⊕	⊕	L Is	Ex P	R J		Pm

ESPECIES	LOCALIDADES				REPROD.		NIVEL DE MAREA	MODO	FACIES	EPIF. DE	OBS.
	1	2	3	4	B	S					
83- *Tiffaniella gorgonea* (Montagne) Doty et Meñez	B	B			⊕		Is L	P Se		208 209	*
84- *Wrangelia argus* (Montagne) Montagne		BS		B	⊕	⊕	Is	P		122 164	*
85- *W. penicillata* (C. Agardh) C. Agardh	B				⊕		Is	P		s/T	* ç
Delesseriaceae											
86- *Martensia pavonia* (J. Agardh) J. Agardh		B					L	Se		27	* ç
87- *Taenioma nanum* (Kützing) Papenfuss			S			⊕	L	Se		149	* ç
Dasyaceae											
88- *Dasya arbuscula* (Dillwyn) C. Agardh	B				⊕		Is	P	R		NC
89- *D. baillouviana* (S. G. Gmelin) Montagne	S					C	Is	P		s/T	* ç
90- *D. caraibica* Boergesen	S					C	Is	P	R		
91- *D. collinsiana* Howe	S	BS	BS		⊕ C f	⊕ m	L	Se		124 164 166	*
92- *D. corymbifera* J. Agardh	BS	BS			⊕	⊕	L	Se	R		Pm
93- *D. rigidula* (Kützing) Ardissone	S					⊕	Is	P		152	* ç
94- *Dictyurus occidentalis* J. Agardh	B				⊕		Id	P	R		
95- *Heterosiphonia crispella* (C. Agardh) Wynne	B						Is	P		95	* ç
96- *H. gibbesii* (Harvey) Falkenberg	B	B	B		⊕		L	Ex	R		
97- *Thuretia bornetii* Vickers	B						Is	P		s/T	* ç
Rhodomelaceae											
98- *Acanthophora muscoides* (Linnaeus) Bory	BS	B			C	⊕	L Is	Ex P	R J		
99- *A. spicifera* (Vahl) Boergesen	BS	BS		BS	C ⊕	C ⊕	L Is	Ex P	R J		Pm
100- *Amansia multifida* Lamouroux		S					Id	P	R		
101- *Bostrychia binderi* Harvey	B	BS			⊕	⊕	L	Se Ex	R		Pm
102- *B. tenella* (Vahl) J. Agardh	B				⊕		Is	P	J		

ESPECIES	LOCALIDADES				REPROD.		NIVEL DE MAREA	MODO	FACIES	EPIF. DE	OBS.
	1	2	3	4	B	S					
103- *Bryothamnion seaforthii* (Turner) Kützing	S					⊕	Id	P	R		
104- *B. triquetrum* (S. G. Gmelin) Howe	B	BS			C	⊕	Is	P	R		
105- *Chondria atropurpurea* Harvey	BS				⊕	C	Is	P	J		
106- *C. baileyana* (Montagne) Harvey	BS	BS			m	⊕	Is	P		s/T	* ç
107- *C. curvilineata* Collins et Hervey	B				⊕		Is	P		s/T	* ç
108- *C. dasyphylla* (Woodward) C. Agardh				B	⊕		Is	P	R		
109- *C. littoralis* Harvey	B	S		BS	⊕	m f	Is L	P Ex	J R		
110- *C. tenuissima* (Goodenough et Woodward) C. Agardh	B	S		S	C	C	Is	P	R J		
111- *Digenea simplex* (Wulfen) C. Agardh	B				⊕		Is	P	R		
112- *Herposiphonia secunda* (C. Agardh) Falkenberg	BS	BS	BS		C m ⊕	C m ⊕	L Is	Ex P		124 129 149	*
113- *H. secunda* f. *tenella* (C. Agardh) Wynne	BS			B	⊕	⊕	Is	P		s/T 110	*
114- *Laurencia brogniartii* J. Agardh	S					⊕	Id	P	R		NC
115- *L. caraibica* Silva		B		BS		⊕	Is	P	R		
116- *L. corallopsis* (Montagne) Howe	B	B			⊕		L Is	Se P	R J		Pm
117- *L. filiformis* (C. Agardh) Montagne		S				⊕	L	Ex	R		
118- *L. flagellifera* J. Agardh		B			⊕		L	Se	R		Pm
119- *L. intricata* Lamouroux		B					L	Se	R		Pm
120- *L. microcladia* Kützing	B		B		⊕		L	Se	R		Pm
121- *L. obtusa* (Hudson) Lamouroux	BS	BS	BS	S	⊕	⊕	L Is	Ex P	R J		
122- *L. papillosa* (C. Agardh) Greville	BS	BS	BS		⊕	⊕	L Is	Se P	R J		Pm
123- *L. poitei* (Lamouroux) Howe	S	S	S	B		C	L Is	Se P	R J		Pm
124- *Micropeuce mucronata* (Harvey) Kylin	S						Id	P	R		
125- *Murrayella periclados* (C. Agardh) Schmitz		S				⊕	Is	P		217	* ç
126- *Polysiphonia binneyi* Harvey	B				C m		Is	P		s/T 111	*

ESPECIES	LOCALIDADES				REPROD.		NIVEL DE MAREA	MODO	FACIES	EPIF. DE	OBS.
	1	2	3	4	B	S					
127- *P. denudata* (Dillwyn) Greville ex Harvey in Hooker	B	BS			⊕	⊕ C	Is	P	R		NC
128- *P. ferulacea* Suhr ex J. Agardh	BS				⊕	⊕	Is	P		s/T	* ç
129- *P. gorgoniae* Harvey	BS	S		BS	C m ⊕	C ⊕	Is	P		s/T 106	*
130- *P. howei* Hollenberg in W. Taylor	B	S	S		⊕	⊕	Is L	P Ex	J R		Pm
131- *P. sphaerocarpa* Boergesen		S				⊕	L	Ex	R		
132- *Vidalia obtusiloba* (Mertens ex C. Agardh) J. Agardh	S					⊕	Id	P	R		NC
PHAEOPHYCEAE											
Ectocarpaceae											
133- *Ectocarpus breviarticulatus* J. Agardh		S				Up	L	Ex	R		
134- *E. siliculosus* (Dillwyn) Lyngbye	S	B	B		Up	Up	Is	P	J	s/T	*
135- *E. variabilis* Vickers		B			Up		Is	P		s/T	* ç
Chordariaceae											
136- *Cladosiphon zosterae* (J. Agardh) Kylin	S					Up	Is	P		s/T	* ç
Scytosiphonaceae											
137- *Colpomenia sinuosa* (Roth) Derbes et Solier		S	BS				L	Ex	R		
138- *Hydroclathrus clathratus* (C. Agardh) Howe				B			Is	P	R		
Sphacelariaceae											
139- *Sphacelaria tribuloides* Meneghini				B	Pp		Is	P		241	* ç
Dictyotaceae											
140- *Dictyopteris delicatula* Lamouroux	B	BS	BS		f		L is	Se P	R J	122	Pm *
141- *D. justii* Lamouroux	B	B	B		f		L	Ex	R		
142- *D. plagiogramma* (Montagne) Vickers	S					f	Id	P	R		
143- *Dictyota bartayresii* Lamouroux	B	B		S	⊕		L Is	Ex P	R J		

ESPECIES	LOCALIDADES				REPROD.		NIVEL DE MAREA	MODO	FACIES	EPIF. DE	OBS.
	1	2	3	4	B	S					
144- *D. cervicornis* Kützing	B	B	BS				L Is	Se P	R J		Pm
145- *D. ciliolata* Kützing			B		f		L	Ex	R		
146- *D. dichotoma* (Hudson) Lamouroux	B	S			f		L Is	Ex P	R J		
147- *D. divaricata* Lamouroux	B	B		BS	f	f	L Is	Se P	R J		Pm
148- *D. jamaicensis* W. Taylor	B	B			f		Is	P	R		
149- *D. mertensii* (Martius) Kützing	B	BS	BS	BS	f		L Is	Ex P	R J		
150- *D. volubilis* Kützing sensu Vickers				S		m	Is	P	J		
151- *Dilophus alternans* J. Agardh	BS						Is	P	R		
152- *D. guineensis* (Kützing) J. Agardh		BS	B		f		L	Se Ex	R		Pm
153- *Lobophora variegata* (Lamouroux) Womersley	B	B	B	B	f		L Is	Ex P	R J		
154- *Padina boergesenii* Allender et Kraft	B	S	BS	BS	⊕	f m	L Is	Ex P	R J		
155- *P. gymnospora* (Kützing) Sonder	BS	B			f	f	L Is	Ex P	R J		
156- *P. jamaicensis* (Collins) Papenfuss		S	B	B	f	m	L Is	Ex P	R J		
157- *P. pavonica* (Linnaeus) Thivy in W. Taylor				B	f		Is	P	R		Ez2
158- *Spatoglossum schroederi* (C. Agardh) Kützing		S					L	Ex	R		
159- *Stypopodium zonale* (Lamouroux) Pappenfuss	S	BS	BS	S	f		L Is	Ex P	R J		
Sargassaceae											
160- *Sargassum filipendula* C. Agardh	B						Id	P	R		
161- *S. furcatum* Kützing		B	B		f		L	Ex	R		
162- *S. hystrix* J. Agardh	B	B			f		L Is	Ex P	R		
163- *S. polyceratium* Montagne		BS	BS		f	m	L	Ex	R		
164- *S. polyceratium* v. *ovatum* (Collins) W. Taylor		B		S	f	f	L Is	Ex P	R J		
165- *S. vulgare* C. Agardh	S	S	S	B		f	L Is	Ex P	R		

ESPECIES	LOCALIDADES				REPROD.		NIVEL DE MAREA	MODO	FACIES	EPIF. DE	OBS.
	1	2	3	4	B	S					
166- *Turbinaria turbinata* (Linnaeus) Kuntze		B	B		f m		L	Ex	R		
BACILLARIOPHYCEAE											
Biddulphiaceae											
167- *Biddulphia pulchella* Gray	B						Is	P		112 157	*
Corethronaceae											
168- *Corethron hystrix* Hensen	B	B					L	Se		92	* ç
Fragilariaceae											
169- *Grammatophora marina* (Lyngbye) Kützing	B	S					L Is	Se P		33 92 117	*
170- *Licmophora abbreviata* Agardh	S	B					Is	P		93 96	*
171- *L. flabellata* (Carmichael) Agardh		B	B	B			Is	P		59 109	*
Achnantaceae											
172- *Cocconeis placentula* Ehrenberg	BS	BS	BS	S			Is L	P Se		33 83 93 112 127	
CHLOROPHYCEAE											
Ulvellaceae											
173- *Phaeophila dendroides* (P. et H. Crouan) Batters	B						Is	P		127	* ç
Ulvaceae											
174- *Enteromorpha chaetomorphoides* Boergesen	B						Is	P	R		
175- *E. clathrata* (Roth) Greville		B		B			L Is	Ex P	R J		
176- *E. compressa* (Linnaeus) Greville	BS	S		B			L Is	Ex P	R J		
177- *E. linza* (Linnaeus) J. Agardh	B	S					L	Ex	R		
178- *Ulva fasciata* Delile	BS	B					L	Ex	R		

ESPECIES	LOCALIDADES				REPROD.		NIVEL DE MAREA	MODO	FACIES	EPIF. DE	OBS.
	1	2	3	4	B	S					
179- *U. lactuca* Linnaeus	BS	B					L	Ex	R		
Siphonocladaceae											
180- *Boodlea composita* (Harvey) Brand	B				Sc		Is	P	R		NC
181- *Chamaedoris peniculum* (Solander) Lamouroux	S						Id	P	A		NC
182- *Cladophoropsis macromeres* W. Taylor	BS	B					Is	P	R		
183- *C. membranacea* (C. Agardh) Boergesen	B				Sc		Is	P	R		
Valoniaceae											
184- *Dictyosphaeria cavernosa* (Forsskäl) Boergesen			BS	B			L Is	Se P	R J		Pm
185- *Ernodesmis verticillata* (Kützing) Boergesen	B	B					Is	P	R		Ez2
186- *Valonia aegagropila* C. Agardh				BS			Is	P	R		NC
187- *V. macrophysa* Kützing	B			B			Is	P	J		
188- *V. ocellata* Howe		BS					L	Se	R		Pm
189- *V. ventricosa* J. Agardh	B	BS	B	B			L Is	Se P	R J		Pm
Anadyomenaceae											
190- *Anadyomene menziesii* Harvey	S						Id	P	R		
191- *A. stellata* (Wulfen) C. Agardh		BS	BS	B			L Is	Se P	R J		Pm Ez2
Cladophoraceae											
192- *Chaetomorpha aerea* (Dillwyn) Kützing	BS						L	Ex	R		
193- *C. antennina* (Bory) Kützing	BS	BS					L	Ex	R		
194- *C. brachygona* Harvey	B						L	Se	R		Pm
195- *C. crassa* (C. Agardh) Kützing		BS	BS				L	Se		163	* ç
196- *C. linum* (O. F. Müller) Kützing	B						Is	P	R		
197- *Cladophora catenata* (Linnaeus) Kützing		BS	BS				L	Se Ex	R		Pm
198- *C. crispula* Vickers		S					L	Ex	R		
199- *C. vagabunda* (Linnaeus) van den Hoek	BS	B		B			Is L	P Ex	J R		

ESPECIES	LOCALIDADES				REPROD.		NIVEL DE MAREA	MODO	FACIES	EPIF. DE	OBS.
	1	2	3	4	B	S					
200- *Rhizoclonium riparium* (Roth) Kützing ex Harvey	B	S					Is	P		177 178 185	*
Bryopsidaceae											
201- *Bryopsis hypnoides* Lamouroux	BS	BS					L Is	Ex P	R J		Ez1
202- *B. pennata* Lamouroux	B						Is	P	R		
Codiaceae											
203- *Codium carolinianum* Searles	BS				G	G	Is	P	R		NC
204- *C. decorticatum* (Woodward) Howe	BS					G	Is	P	R		
205- *C. intertextum* Collins et Hervey	B	S	BS	B	G	G	L Is	Se P	R J		Pm Ez2
206- *C. isthmocladum* Vickers	BS	BS			G	G	L Is	Se P	R J		Pm
207- *C. taylorii* Silva	BS	BS			G	G	Is	P	R		
Caulerpaceae											
208- *Caulerpa ambigua* Okamura			S				L	Se	A		Pm
209- *C. ashmeadii* Harvey	B						Id	P	A		
210- *C. cupressoides* (West in Vahl) C. Agardh	B			BS			Is	P	A		
211- *C. lanuginosa* J. Agardh	B						Id	P	A		NC
212- *C. mexicana* Sonder ex Kützing				BS			Is	P	A		
213- *C. paspaloides* (Bory) Greville				B			Is	P	A		
214- *C. prolifera* (Forsskäl) Lamouroux	B			B			Is	P	A		
215- *C. racemosa* (Forsskäl) J. Agardh	BS	BS		B			L Is	Se P	A		Pm
216- *C. racemosa* v. *peltata* (Lamouroux) Eubank		B					L	Se	A		Pm
217-*C. sertularioides* (S. G. Gmelin) Howe	BS	B					Is	P	A		Ez1
218- *C. sertularioides* f. *brevipes* (J. Agardh) Svedelius	B						Is	P	A		
219- *C. sertularioides* f. *farlowii* (Weber-van Bosse) Boergesen	BS	BS		BS			Is	P	A		Ez1
220- *C. verticillata* J. Agardh	BS	B					Is	P	A		
Udoteaceae											
221- *Avrainvillea elliotii* A. et E. S. Gepp		B					L	Se	A		Pm

ESPECIES	LOCALIDADES				REPROD.		NIVEL DE MAREA	MODO	FACIES	EPIF. DE	OBS.
	1	2	3	4	B	S					
222- *A. longicaulis* (Kützing) Murray et Boodle		B		S			Is	P	A		
223- *A. nigricans* Decaisne	B	BS	BS	BS			L Is	Se P	A		Pm
224- *A. rawsonii* (Dickie) Howe		B	B	B			L Is	Se P	A		Pm
225- *Cladocephalus luteofuscus* (Howe) Boergesen		S	B				L	Se	A		Pm
226- *Halimeda discoidea* Decaisne	S						Id	P	A		
227- *H. gracilis* Harvey ex J. Agardh v. *opuntioides* Boergesen		D					Is	P	A		NC
228- *H. incrassata* (Ellis) Lamouroux	BS	B	B	BS	G	G	L Is	Se P	A		Pm
229- *H. incrassata* f. *tripartita* Barton	S						Is	P	A		
230- *H. monile* (Ellis et Solander) Lamouroux	BS	BS	S				L Is	Se P	A		Pm
231- *H. monile* f. *cylindrica* (Boergesen) Collins et Hervey	S	B					Is	P	A		
232- *H. monile* f. *robusta* (Boergesen) Collins et Hervey	B	B					Is	P	A		
233- *H. opuntia* (Linnaeus) Lamouroux	BS	BS		B	G		L Is	Se P	A		Pm
234- *H. opuntia* f. *triloba* (Decaisne) Barton		B					L	Se	A		Pm
235- *H. scabra* Howe		BS	B				L Is	Se P	A		Pm
236- *H. tuna* (Ellis et Solander) Lamouroux		B	B	BS			L Is	Se P	A		Pm
237- *Penicillus capitatus* Lamarck	B	BS	BS	BS			L Is	Se P	A		Pm
238- *P. capitatus* f. *elongatus* (Decaisne) A. et E. S. Gepp		B		S			Is	P	A		
239- *P. capitatus* f. *laxus* Boergesen	B						Is	P	A		
240- *P. dumetosus* (Lamouroux) Blainville	B	B		BS			Is	P	A		
241- *P. lamourouxii* Decaisne	B	B		BS			Is	P	A		Ez1
242- *P. pyriformis* A. et E. S. Gepp				B			Is	P	A		
243- *Rhipilia tomentosa* Kützing				BS			Is	P	A		
244- *Rhipocephalus phoenix* (Ellis et Solander) Kützing		BS	BS	B			L Is	Se P	A		Pm

ESPECIES	LOCALIDADES				REPROD.		NIVEL DE MAREA	MODO	FACIES	EPIF. DE	OBS.
	1	2	3	4	B	S					
245- *R. phoenix* f. *brevifolius* A. et E. S. Gepp				BS			Is	P	A		
246- *R. phoenix* f. *longifolius* A. et E. S. Gepp		BS		B			L Is	Se P	A		Pm
247- *Udotea conglutinata* (Ellis et Solander) Lamouroux	B			S			Is	P	A		
248- *U. cyathiformis* Decaisne		B					Is	P	A		
249- *U. flabellum* (Ellis et Solander) Lamouroux	BS	BS	S	BS			L Is	Se P	A		Pm
250- *U. occidentalis* A. et E. S. Gepp		BS	B				L	Se	A		Pm
251- *U. spinulosa* Howe	S						Is	P	A		
252- *U. verticillosa* A. et E. S. Gepp	B						Is	P	A		
253- *U. wilsoni* Gepp et Howe		B		BS			Is	P	A		
Dasycladaceae											
254- *Batophora oerstedii* J. Agardh				B	G		Is	P	J		Ez2
255- *Dasycladus vermicularis* (Scopoli) Krasser		B		B	G		Is	P	J		Ez2
256- *Neomeris annulata* Dickie		B			G		L	Se	A		Pm
Polyphysaceae											
257- *Acetabularia crenulata* Lamouroux	B	BS		BS	G	G	L Is	Se P	R J		Pm Ez2

SIMBOLOGIA

ESTACIONALIDAD

B. Estación climática de lluvias (octubre, 1983; noviembre, 1984; septiembre, 1985; junio, 1987).
S. Estación climática de secas (marzo y julio, 1985).

LOCALIDADES

1 - El Muelle y playa Los Cocos
2 - Extremo Norte
3 - Punta Este
4 - Playa Lancheros

REPRODUCCION	NIVEL DE MAREA	MODO	FACIES
O - Esporas	L - Litoral (entre mareas)	Ex - Expuesto	R - Rocosa
⊖ - Bisporas	Is - Infralitoral por buceo libre (1-4 m)	Se - Semiexpuesto	A - Arenosa
⊕ - Tetrasporas	Id - Infralitoral por buceo autónomo (8-15 m)	P - Protegido	J - Guijarros
C - Carpoesporofito			
m - Gametos masculinos			
f - Gametos femeninos			
G - Gametangios			
Up - Unangias (esporangios) pluriloculares			
Pp - Propágulos			
Sc - Segregación celular			
Sin simbología es vegetativo			

EPIFITAS DE (EPIF. DE): s/t- Epífita de *Thalassia testudinum.* Los números que se localizan en esta columna corresponden a las algas sobre las que se localizaron a las especies epífitas.

OBSERVACIONES: ∗ - Epífita; ç- Epífita estricta; Ez1-Epizoica sobre esponjas; Ez2- Epizoica sobre caracoles y moluscos; Pm- Pozas de marea litorales: 1: 20-80 cm Ø x 20-50 cm de prof.; 2: 3-8 m ancho x 2-4 m largo x 1-2.5 m prof.; 3: 20-40 cm Ø x 10-25 cm prof.; NC- Nueva cita.

LITERATURA CITADA

Anónimo, 1974. Atlas oceanográfico del Golfo de México y Mar Caribe. Dir. Gral. de Oceanog. y Señalam. Mar. México, D.F. PP. 7-8.

Anónimo, 1979. Calendario gráfico de mareas de Cozumel, Q. Roo. Dir. Gral. de Oceanog. y Señalam. Mar. México, D.F. pp. 1-12.

Boergesen, F. 1916. The marine algae of the Danish West Indies. Part. III. Rhodophyceae 2. Dan. Bot. Ark. 3: 81-144.

Boergesen, F. 1920. The marine algae of the Danish West Indies. Part III. Rhodophyceae 6. Dan. Bot. Ark. 3: 369-498.

Dawes, C. J. 1986. Botánica marina. Ed. Limusa, México, D.F. 673 pp.

Díaz-Piferrer, M. 1967. Las algas superiores y fanerógamas marinas. In: Ecología Marina. Fundación La Salle. Caracas. pp. 273-307.

Feldmann, J. 1937. Recherches sur la végetation marine de la Méditerranée. La Cote des Albères. Revue Algol. 10: 1-339.

Feldmann-Mazoyer, G. 1941. Recherches sur les Ceramiacées de la Méditerranée occidentale. Tesis Doctoral. Algiers. 504 pp.

Fritsch, F. E. 1935. The structure and reproduction of the algae. Cambridge University Press. Cambridge. Vol. 1.

García, E. 1973. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen (Adaptado para la República Mexicana). Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 246 pp.

Garza, B., M. A. 1975. Primeras consideraciones referentes sobre la flora marina del sureste de la República Mexicana. In: Memorias del II Simposio Latinoamericano sobre Oceanografía Biológica. Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela. pp. 7-25.

Huerta, M., L. 1958. Contribución al conocimiento de las algas de los bajos de Campeche, Cozumel e Isla Mujeres. An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Méx. 9(1-4): 115-123.

Huerta, M., L. 1961. Flora marina de los alrededores de la Isla Pérez, Arrecife Alacranes, Sonda de Campeche, México. An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Méx. 10(1-4): 11-22.

Huerta, M., L. y M. A. Garza B. 1980. Contribución al conocimiento de la flora marina de la parte sur del litoral de Quintana Roo, México. An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Méx. 23: 25-44.

Huerta, M., L., A. C. Mendoza-González y L. E. Mateo-Cid. 1987. Avances sobre un estudio de las algas marinas de la península de Yucatán. Phytologia 62(1): 23-53.

Humm, J. y S. R. Wicks. 1980. Introduction and guide to the marine bluegreen algae. Wiley. Nueva York. 194 pp.

Joly, A. B. 1965. Flora marinha do litoral norte do Estado de Sao Paulo e regioes circunvizinhas. Bol. Fac. Filos. Let. Cienc. Univ. Sao Paulo, Ser. Bot. 21: 1-393.

Santelices, B. 1977. Ecología de las algas marinas bentónicas. Univ. Católica de Chile. Santiago. 384 pp.

Tamayo, J. L. 1962. Geografía general de México. Instituto Mexicano de Investigaciones Económicas. México, D.F. Vol. 2.

Taylor, W. R. 1960. Marine Algae of the eastern tropical and subtropical coast of the Americas. Univ. Mich. Press. Ann. Arbor. 870 pp. 80 láms.

Taylor, W. R. 1972. Marine algae of the Smithsonian-Bredin expedition to Yucatan. 1960. Bull. Mar. Sci. 22: 34-44.

Werner, D. (ed). 1977. The biology of diatoms. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 498 pp.

Wynne, M. J. 1986. A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical western Atlantic. Can. J. Bot. 64: 2239-2281.

Acta Botánica Mexicana (1992), 19:63-72

TERMORREGULACION Y EFICIENCIA DE INTERCEPCION DE LUZ EN *OPUNTIA PILIFERA* WEBER (CACTACEAE)

ZENON CANO-SANTANA
CARLOS CORDERO
EXEQUIEL EZCURRA

Centro de Ecología
Universidad Nacional Autónoma de México
Apdo. Postal 70-275
04510 México, D.F.

RESUMEN

Dado que la orientación de las superficies captadoras de la luz afecta tanto la intercepción de radiación fotosintéticamente activa (RFA), como la temperatura de los tejidos subyacentes, las plantas se ven enfrentadas al problema de ubicar dichas superficies de manera conveniente para mantener una adecuada captación de RFA sin alcanzar temperaturas excesivamente altas. En el Valle de Zapotitlán, Puebla, los cladodios expuestos al sol de *Opuntia pilifera* presentan en su mayoría inclinaciones entre 80° y 90°, así como azimuts preferentemente con dirección E-O. Este patrón es menos marcado en las plantas que crecen a la sombra de arbustos, en las que los cladodios presentan inclinaciones más variables y no tienen azimut preferencial. Dada la situación geográfica y el clima del área de estudio, se concluye que la disposición espacial de los cladodios de *O. pilifera* puede interpretarse como una solución adaptativa al conflicto entre captación de luz y termorregulación.

ABSTRACT

The orientation of photosynthetic surfaces affects the interception of photosynthetically active radiation (PAR), as well as the temperature of the photosynthetic tissues. Plants face the problem of displaying their photosynthetic surfaces in order to obtain adequate levels of PAR interception without reaching dangerously high temperatures. In the Zapotitlan Valley, Puebla (México), *Opuntia pilifera* cladodes exposed to direct solar radiation have inclinations chiefly between 80° and 90°, as well as a preference for an E-W orientation. This pattern is less marked in shaded plants, in which cladode inclination is more variable and which do not present a preferred azimuth. Given the geographic location and climate of the study area, the spatial display of *O. pilifera* cladodes is interpreted as an adaptive solution to the conflict between PAR interception and thermoregulation.

INTRODUCCION

La orientación de las superficies fotosintéticas afecta la intercepción de radiación fotosintéticamente activa (RFA), lo cual influye en la captación de CO_2 por las hojas (Moss & Musgrave, 1971; Monsi et al., 1973). Estudios realizados sobre varias especies de *Opuntia* han puesto en evidencia que la orientación observada de los cladodios terminales

en las plantas de este género maximiza la eficiencia de intercepción de RFA durante la temporada de crecimiento (Becerra-Rodríguez et al., 1976; Nobel, 1980a, 1980b, 1981, 1982a, 1982b). De esta manera es como, de acuerdo con la latitud a la que se desarrollen, la temporada de crecimiento y la estacionalidad de las lluvias, los cladodios se orientan diferencialmente e incrementan así la eficiencia de intercepción de luz (Nobel, 1986). Nobel (1982b) puso de manifiesto que al irradiar RFA horizontalmente a cladodios de *O. ficus-indica* inclinados 45°, éstos rotaron 16° incrementando la percepción de RFA. Sin embargo, de lo anterior surgen dos preguntas: (a) ¿cómo regulan la temperatura las plantas de *Opuntia* con esta arquitectura si el mecanismo de regulación por transpiración no se puede realizar en el día, ya que los estomas abren de noche?, y (b) ¿qué papel tiene la disposición de los cladodios en la termorregulación? Se sabe que varios procesos fisiológicos (tales como fotosíntesis, respiración, crecimiento y reacciones enzimáticas) son dependientes de la temperatura, y que a altos niveles de este factor dichos procesos se llevan a cabo a un nivel subóptimo (Street y Opik, 1984). En particular las plantas suculentas del desierto son marcadamente afectadas por la temperatura de los tejidos en su respuesta fisiológica y en su ecología (Hadley, 1972; Nobel, 1977). Esto se debe fundamentalmente al metabolismo ácido de estas plantas, conocido como "metabolismo CAM". En plantas suculentas, la captación de la energía solar se realiza durante el día, pero la apertura de estomas y la captación de CO_2 se realiza en la noche. Aunque esto evita la transpiración durante el día y confiere a las suculentas una alta eficiencia en el uso del agua, les impone también la imposibilidad de regular su temperatura durante el día a través de la transpiración, dado que los estomas se encuentran cerrados. Las cactáceas, por ejemplo, pueden presentar en sus tejidos de 10 a 15°C por encima de la temperatura del aire cuando se encuentran bajo luz solar directa. Esto ocasiona con frecuencia el sobrecalentamiento del tejido fotosintético, el cual puede alcanzar valores superiores a los 60°C durante el día (Gates et al., 1968; Gibbs y Patten, 1970). Frente a esto, ciertas características de las cactáceas tales como diámetro del tallo (Nobel, 1980b), la pubescencia apical y la alta densidad de espinas cerca de los meristemos (Nobel, 1978) pueden ser interpretadas como mecanismos reguladores de las altas temperaturas diurnas.

Dado que las preferencias de orientación e inclinación de los cladodios de *Opuntia* parecen ser el resultado de un compromiso entre incrementar la eficiencia de intercepción de luz y reducir los efectos dañinos de la radiación solar, se esperaría que la orientación de los cladodios en una determinada región reflejara las condiciones ambientales prevalecientes. En este sentido, el presente trabajo pretende analizar la orientación de los cladodios en *Opuntia pilifera* Weber, un nopal silvestre común en el Valle de Tehuacán, Puebla.

El primer objetivo planteado fue analizar la relación entre la temperatura y la eficiencia de intercepción de la luz en cladodios no sombreados orientados hacia puntos diferentes en *Opuntia pilifera*. El segundo, fue evaluar si las plantas adultas son capaces de orientar diferencialmente sus cladodios y de generar así una arquitectura capaz de resolver el compromiso entre la obtención de una adecuada cantidad de luz y la disminución de radiación solar directa captada durante las horas más calientes del día. Para abordar el segundo objetivo, se determinaron las preferencias de orientación e inclinación de cladodios en individuos sombreados y expuestos al sol de esta especie.

MATERIAL Y METODOS

Este estudio se llevó a cabo en el Valle de Zapotitlán Salinas, localizado al sureste del Estado de Puebla en México a 18°20'N y 97°28'W, el cual presenta un clima semiárido y suelos rocosos y calizos. La vegetación dominante la constituyen matorrales xerófilos, a menudo crasicaules, que se mezclan con elementos de selva baja caducifolia espinosa. *Opuntia pilifera* Weber (Cactaceae) es una planta arborescente de hasta 5 m de altura que se distribuye en México en los estados de Puebla y Oaxaca (Bravo-Hollis, 1978).

En un individuo de *O. pilifera* expuesto al sol, se seleccionó un cladodio con orientación este-oeste (esto es, con sus caras hacia el este y el oeste), y otro con orientación norte-sur. Un cladodio más fue colocado con sus caras horizontales, perpendicular a los rayos solares del mediodía (esta especie no presenta cladodios horizontales por lo que fue necesario separar un cladodio de la planta e insertarlo artificialmente). Cada hora, desde las 6:30 hasta las 16:30 horas del día 20 de agosto de 1988 (hora solar local), a los tres cladodios se les determinó la temperatura interna y la externa en ambas caras, así como la del aire con un teletermómetro Cole-Palmer conectado a varios sensores de termocupla. La temperatura interna del parénquima de los cladodios se midió con un sensor punzante para tejidos blandos, con aguja de 15 cm de largo. Las externas se midieron con sensores circulares de 5 mm de diámetro especiales para superficies planas. Las del aire se tomaron con un sensor circular provisto de sombra externa. Asimismo, cada hora se midió la radiación solar con un sensor cuántico LI-COR Mod. LI-190SB y el azimut e inclinación del sol con una brújula de azimutales y un clisímetro.

Con los datos de posición aparente del sol obtenidos en el campo, se calculó la eficiencia de intercepción de luz (EIL) para los cladodios horizontales, los verticales con sus caras orientadas al este y oeste, y los verticales con sus caras orientadas al norte y al sur. La EIL es definida como la proyección del área foliar sobre un plano ortogonal a la dirección de la luz (esto es, la sombra de la hoja proyectada sobre un plano perpendicular a los rayos del sol), dividido por el área de la hoja. En la práctica ésta se calcula como el seno esférico del ángulo de incidencia de los rayos solares (o, alternativamente, como el coseno esférico del ángulo entre la dirección de los rayos solares y la normal de la superficie foliar), cuya fórmula es (Ehleringer y Werk, 1986):

$$EIL = sen(\alpha)\ cos(\beta) + cos(\alpha)\ sen(\beta)\ cos(\delta)$$

donde α es la elevación angular del sol, β es la inclinación de la hoja, y δ es la diferencia existente entre el azimut del sol y el azimut de la hoja. A partir de la EIL de los tres tipos de cladodios considerados se comparó la radiación neta interceptada.

Por otro lado se seleccionaron catorce individuos de *O. pilifera,* siete expuestos al sol y siete a la sombra de arbustos de mayor tamaño. En los catorce individuos se determinó la orientación e inclinación de todos los cladodios terminales con una brújula de azimutales y un clisímetro. Se midieron en total 169 cladodios en plantas expuestas al sol, y 115 en plantas a la sombra de arbustos. Los arbustos bajo los cuales se encontraron individuos de *O. pilifera* fueron todos leguminosas caducifolias, pertenecientes a las siguientes especies: *Acacia constricta* Benth., *Cercidium praecox* Harms y *Prosopis*

laevigata M. C. Johnst. Se aplicó una prueba de *G* para determinar si existían diferencias en la orientación e inclinación de los cladodios entre plantas sometidas a sol y sombra. Asimismo se aplicaron las respectivas pruebas de *G* para determinar si existían preferencias por cierta orientación e inclinación en los cladodios de *O. pilifera*. Las medias y las desviaciones estándar de los datos angulares fueron calculadas por medio de estadísticas circulares (Batschelet, 1981).

RESULTADOS

Las mayores temperaturas internas se observaron en el cladodio horizontal a partir de las 10:30 horas (Fig. 1), llegando este cladodio incluso a presentar 10°C más que los cladodios orientados verticalmente. Los cladodios este-oeste presentan las temperaturas más altas, como es esperado, por la mañana y por la tarde, ya que éstas son las horas en las que reciben la mayor incidencia de los rayos solares. Los cladodios con orientación norte-sur, por su parte, muestran temperaturas más bajas respecto a los otros cladodios, siendo la interna prácticamente igual a la del aire. Las temperaturas externas presentan un patrón similar al de las internas. Los datos completos de temperatura por cladodio y por hora se presentan en el Cuadro 1.

Las EIL y la radiación efectiva interceptada por los cladodios varían durante el día de la siguiente manera (Figs. 2 y 3): (a) Los cladodios horizontales presentan mayor EIL e intercepción de radiación de las 9:30 a las 14:30 horas cuando el sol se encuentra en su mayor elevación. (b) Los cladodios con orientación este-oeste registran mayor EIL e

Cuadro 1. Temperaturas medidas en cladodios de *O. pilifera* con diferentes orientaciones, y temperatura del aire a la misma hora.

Hora solar local	Cladodio horizontal			Cladodio este-oeste			Cladodio norte-sur			Temper. del aire
	Cara superior	Cara inferior	Parén-quima	Cara este	Cara oeste	Parén-quima	Cara norte	Cara sur	Parén-quima	
6:30	19.0	20.0	17.0	20.0	19.5	17.0	20.5	20.5	17.0	20.0
7:30	26.0	21.0	24.0	31.0	27.0	24.0	27.5	23.0	23.0	22.0
8:30	33.0	28.0	33.0	37.0	34.0	38.0	28.5	28.0	28.0	27.0
9:30	37.0	32.5	38.0	38.5	37.0	39.0	34.0	32.0	30.0	29.5
10:30	44.5	36.0	44.0	40.5	37.0	39.0	35.5	35.0	33.0	33.0
11:30	46.0	40.0	47.5	37.0	38.0	37.0	37.0	37.0	35.5	33.0
12:30	45.0	42.5	44.0	39.0	38.0	37.0	37.5	36.5	36.0	37.0
13:30	47.0	44.0	44.5	40.0	39.0	41.0	36.0	37.0	36.0	34.5
14:30	44.5	43.0	44.0	42.0	44.0	46.5	37.0	38.0	36.5	39.0
15:30	37.5	38.0	36.0	32.0	33.0	35.5	31.5	32.0	33.0	30.0
16:30	30.0	31.0	28.5	26.0	27.0	26.0	27.0	27.0	28.5	28.0

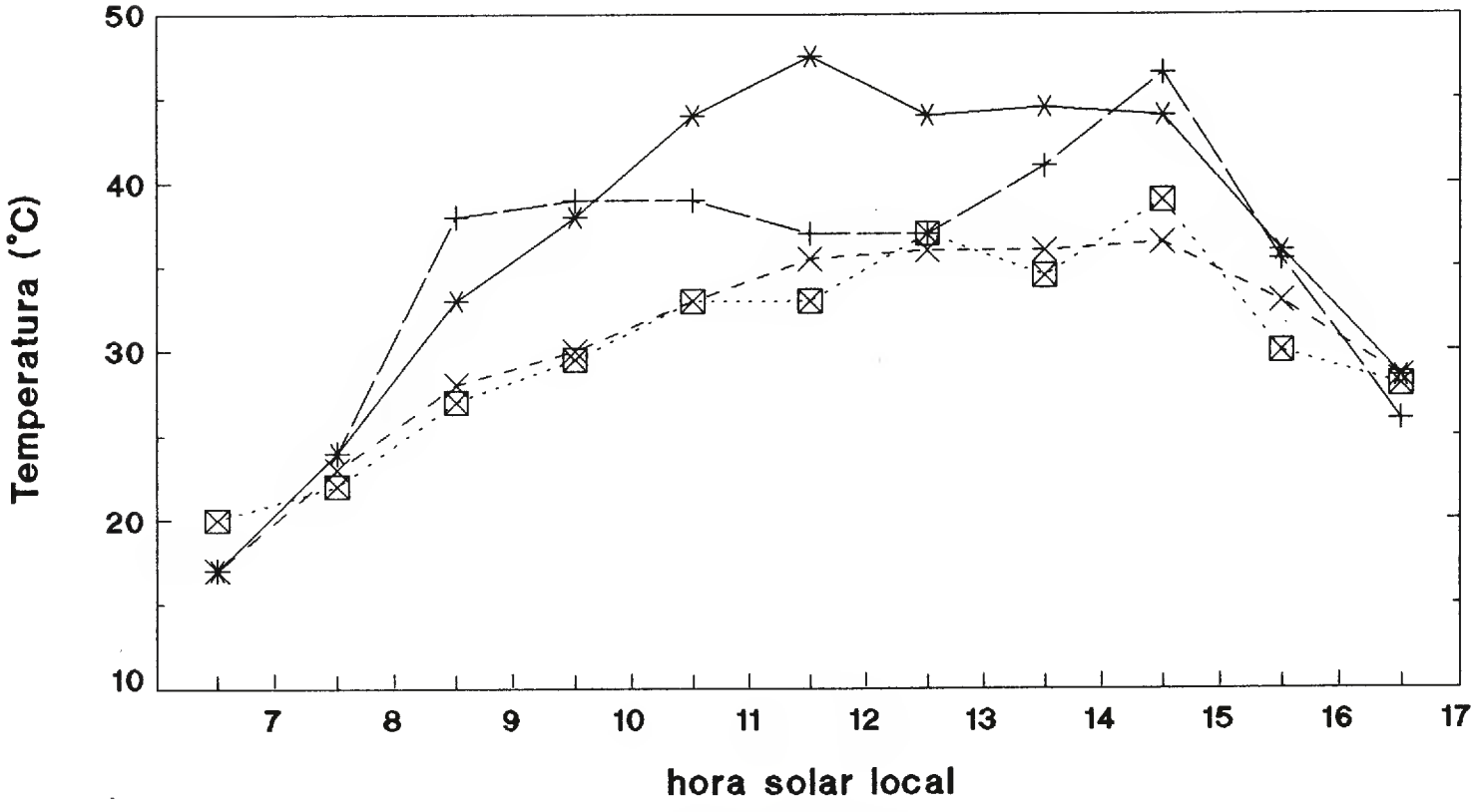

Fig. 1. Temperaturas del parénquima en cladodios con diferente orientación, comparadas con la temperatura del aire, para distintas horas del día. (✳)=cladodios horizontales; (+)=cladodios verticales de azimut este-oeste; (X)=cladodios verticales de azimut norte-sur; (⊠)=temperatura del aire.

intercepción de radiación de las 6:30 a las 8:30 horas y después de las 15:30 horas. (c) Durante todo el día la EIL e intercepción efectiva de los cladodios con orientación norte-sur fueron relativamente bajas. En todos los casos, se presentó una caída drástica de la radiación neta a partir de las 15:10 horas, debido a que nubes densas ocultaron el sol.

Al comparar la radiación efectiva acumulada se encontró que ésta fue mayor en el cladodio orientado horizontalmente, intermedia en el cladodio con orientación este-oeste, y muy baja en el que está orientado al norte y al sur (Fig. 3). Puede notarse una tendencia de aumento en el cladodio orientado de este a oeste a partir de las 12:30 horas. No fue posible ver en el campo hasta qué tiempo continuaba esta tendencia debido a la presencia de nubes, las que impidieron completar las observaciones del ciclo diurno. Sin embargo, es posible calcular la radiación acumulada por una superficie dada a lo largo del día por medio de modelos teóricos que simulan la marcha del sol y que han sido usados en otros trabajos (Ezcurra et al., 1991). Este modelo predice que en días soleados la cantidad total de radiación interceptada por un cladodio horizontal será de aproximadamente 50 a 60 moles/m^2, mientras que un cladodio vertical con azimut E-O interceptará de 38 a 45 moles/m^2, y un cladodio vertical con azimut N-S interceptará de 11 a 13 moles/m^2. Según Nobel (1982b), la menor intercepción de los cladodios verticales se ve compensada por una mejor

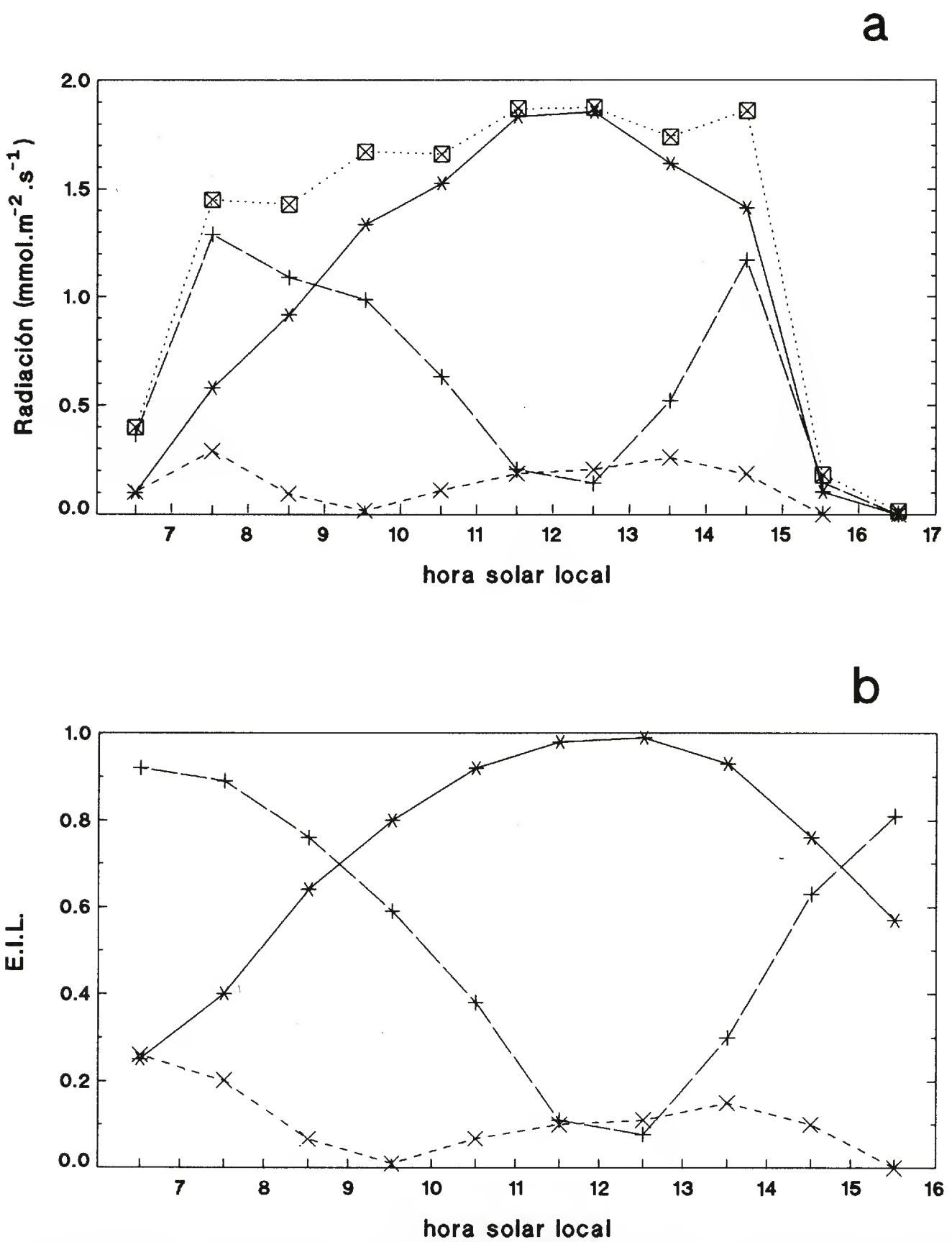

Fig. 2. (a) Radiación solar captada por cladodios con diferente orientación, comparada con la radiación solar directa incidente, para distintas horas del día. (✳)=cladodios horizontales; (+)=cladodios verticales de azimut este-oeste; (X)=cladodios verticales de azimut norte-sur; (⊠)=radiación solar directa. La baja en la intensidad de radiación después de las 14.30 h se debió a la entrada de nubes al valle. (b) Eficiencias de intercepción de la luz (EIL) para cladodios con diferente orientación, para distintas horas del día. (✳)=cladodios horizontales; (+)=cladodios verticales de azimut este-oeste; (X)=cladodios verticales de azimut norte-sur.

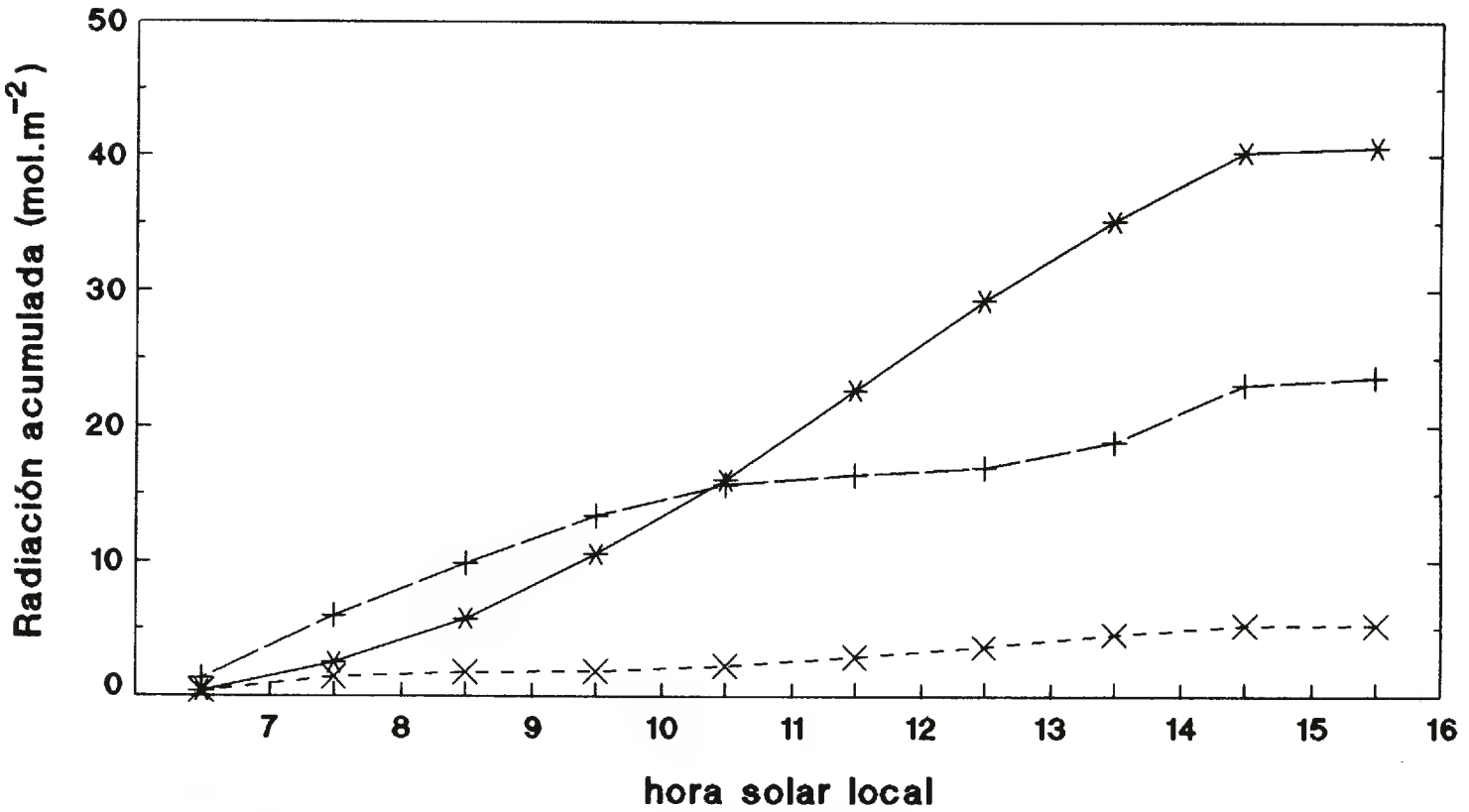

Fig. 3. Radiación solar directa acumulada, captada por cladodios con diferente orientación, para distintas horas del día. (✳)=cladodios horizontales; (+)=cladodios verticales de azimut este-oeste; (X)=cladodios verticales de azimut norte-sur.

distribución de la luz interceptada en ambas caras del cladodio, mientras que la capacidad de fijación de energía lumínica de cladodios horizontales en ambientes altamente soleados puede verse saturada por el hecho de que la fijación la realiza una cara solamente.

El censo de 284 cladodios mostró que los cladodios de sol y de sombra difieren significativamente entre sí en sus orientaciones (G=14.2, 1 g.l., P<0.001) e inclinaciones (G=11.7, 3 g.l., P<0.001). Los cladodios de las plantas de sol son significativamente más verticales que los de las plantas de sombra (Fig. 4a). La inclinación media en las plantas soleadas fue de 79° (d.s. 9°; ámbito de los datos 50 a 90°), mientras que en las plantas de sombra la inclinación media fue de 76° (d.s. 12°; ámbito 30 a 90°). Al mismo tiempo, en las plantas de sol los cladodios se encuentran orientados con una frecuencia significativamente mayor con azimuts E-O que con azimuts N-S (G=31.5, 1 g.l., P<0.001), mientras que en las plantas de sombra la frecuencia de cladodios orientados con rumbo E-O no difiere de la de los orientados N-S (G=0.01, 1 g.l., P>0.9; ver Fig. 4b). Aunque en las plantas sombreadas los cladodios en conjunto no mostraron un azimut preferente, los de una planta individual sí lo hicieron (la planta no. 2 presentó 22 cladodios E-O y 3 cladodios N-S; G=14.4, 1 g.l., P<0.001).

En ambos tratamientos (sol y sombra) se encontraron tendencias significativas en los ángulos de inclinación: los cladodios verticales son mucho más frecuentes de lo

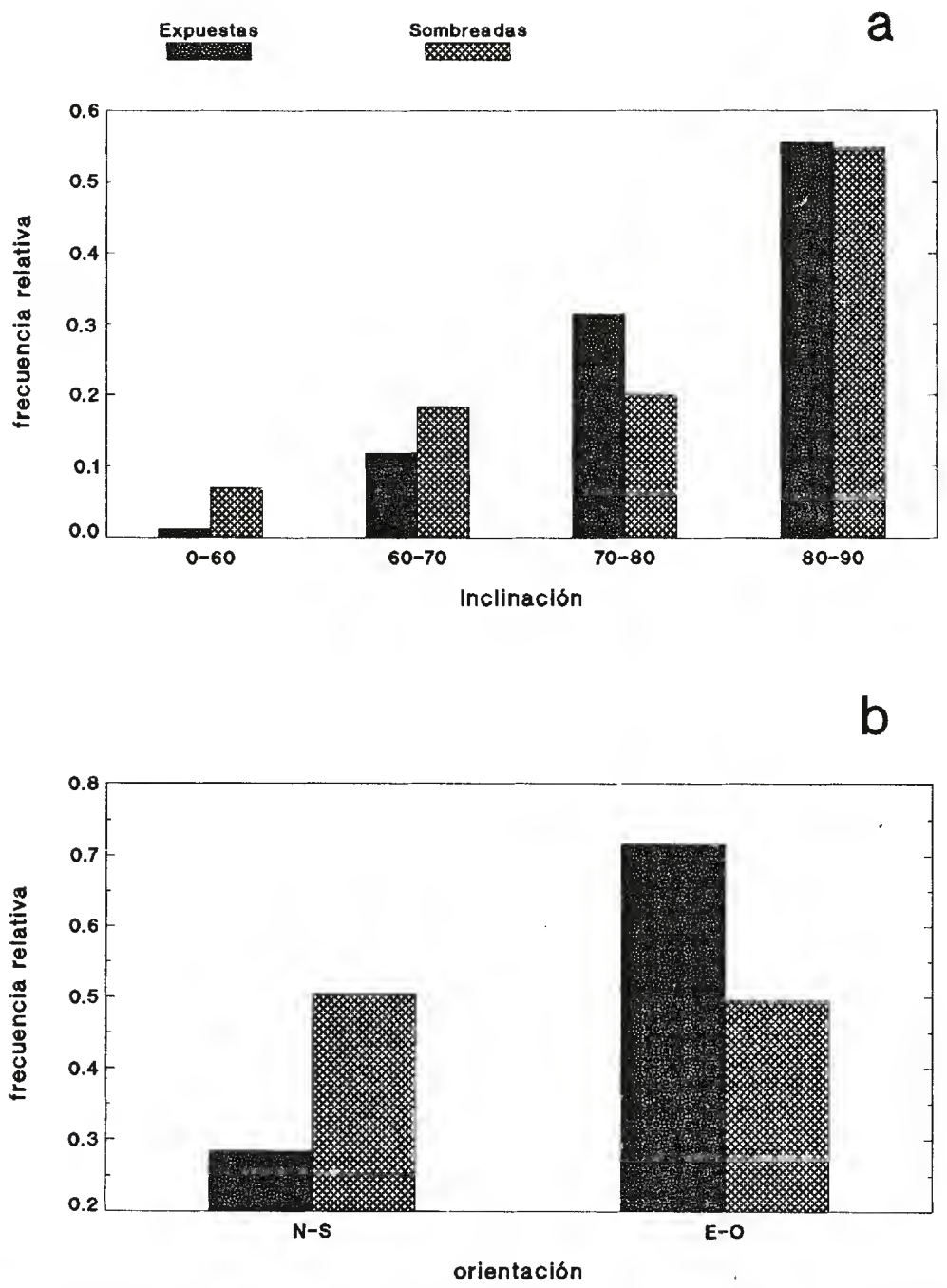

Fig. 4. (a) Distribución de las inclinaciones de los cladodios de *O. pilifera* en cuatro categorías de frecuencias: cladodios verticales (entre 80° y 90°); cladodios entre 70° -80°; cladodios entre 60° -70°; y cladodios con otras inclinaciones (<60°). (b) Distribución observada de las orientaciones horizontales (azimuts) de los cladodios de *O. pilifera*. Los diferentes achurados de las barras indican las frecuencias relativas de plantas soleadas (n=169 cladodios) y de plantas a la sombra de arbustos (n=115 cladodios).

esperado al azar, mientras que los cladodios con inclinaciones inferiores a los 60° son casi inexistentes en las plantas soleadas, y raros en las de sombra (G=472.5, 3 g.l., P<0.0001 para plantas soleadas y G=272.4, 3 g.l., P<0.0001 para plantas de sombra).

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Los cladodios horizontales no existen en *O. pilifera*. Estos siempre son verticales con ángulos de inclinación entre 50 y 90° en plantas soleadas, y entre 30 y 90° en plantas

a la sombra. En ambos casos, la mayor parte de los cladodios presenta inclinaciones entre 80 y 90°. Esto, al parecer, es una respuesta evolutiva a los serios problemas de termorregulación que provoca la intercepción horizontal, puesto que al mediodía, cuando la temperatura del aire es mayor y los rayos solares inciden en forma perpendicular, los cladodios horizontales pueden alcanzar temperaturas de hasta 47° C. En estas condiciones ciertas funciones fisiológicas suelen llevarse a cabo a un nivel subóptimo, como es el caso de la cinética enzimática, la respiración y la fotosíntesis (Daubenmire, 1979; Street y Opik, 1984). Bajo tales circunstancias es desventajoso para las plantas presentar una alta EIL y una alta radiación efectiva interceptada cuando las temperaturas elevadas ejercen una presión negativa sobre el proceso de la fotosíntesis. Otra especie de *Opuntia* del Valle de Zapotitlán, *O. puberula* Pfeiffer, presenta cladodios horizontales, pero éstos se encuentran en lugares muy sombreados donde la temperatura permanece más baja y donde es absolutamente necesario incrementar el EIL (E. Ezcurra, observación personal). Los cladodios postrados de *O. puberula,* conocida como "nopal de culebra", son comunes en la sombra de las selvas bajas de Sinaloa (Bravo-Hollis, 1978).

Los cladodios con orientación norte-sur no sufren problemas de termorregulación, pero presentan baja EIL y baja radiación efectiva interceptada. Esta estrategia no es favorecida en la población de *O. pilifera* expuesta al sol, dada la ubicación del Valle de Zapotitlán (18º20'N) y su régimen de lluvias (en el verano). La orientación que le confiere más ventajas es la este-oeste, tal como ocurre con otras especies de *Platyopuntia* de regiones cercanas al ecuador con régimen de lluvias en el verano (Nobel, 1981, 1986). Se ha encontrado, por ejemplo, que individuos de *Opuntia* con cladodios con orientación este-oeste, cultivados en Chapingo, cerca de la Ciudad de México, en condiciones relativamente similares a las encontradas en el Valle de Zapotitlán, presentan mayor eficiencia en captación de luz, mayor número de frutos con mayor contenido de sólidos solubles, mayor producción de materia seca y emisión de mayor número de raíces que aquellos individuos con cladodios orientados de norte a sur (Becerra-Rodríguez et al., 1976). Este hecho explica que los cladodios de *O. pilifera* expuestos al sol presenten preferencia por una orientación este-oeste, de modo que obtienen una alta EIL sin tener graves problemas de temperatura, ya que ambas caras son irradiadas alternativamente durante el día por la mañana y por la tarde.

Las plantas sombreadas, como grupo, no mostraron un azimut preferencial en sus cladodios, los cuales se encontraron menos verticales que los de las plantas expuestas al sol. Las razones de esto parecen estar vinculadas con la eliminación de la radiación solar directa por el arbusto: al disminuir la cantidad de radiación directa interceptada por los cladodios, la luz difusa aumenta su importancia relativa en el proceso de fotosíntesis. Bajo estas condiciones, las ventajas relativas de un azimut E-O y de una inclinación vertical desaparecen. Sólo una planta mostró aun bajo condiciones de sombra un azimut orientado significativamente con rumbo E-O. Las razones de tal comportamiento pueden ser varias: por un lado, podría ser que el arbusto que proporcionaba sombra a esta planta fuera de copa menos densa que los demás. Por otro lado, dado que en esta especie los nuevos cladodios tienden a mantener la orientación del cladodio del cual brotaron, la orientación de la planta en cuestión podría ser resultado de la disposición espacial del cladodio fundador. Finalmente, no podemos descartar la posibilidad de que la orientación observada sea sencillamente resultado de variación aleatoria dentro del grupo, el cual, como tal, no presentó orientación preferencial.

En conclusión, el patrón observado sugiere que la orientación vertical con azimuts este-oeste que muestran los individuos de *O. pilifera* expuestos al sol es el resultado de un compromiso entre incrementar la eficiencia de intercepción de la luz y reducir los efectos dañinos de la elevada radiación solar y la alta temperatura que prevalecen en ambientes áridos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Nora Martijena y Raúl Benet su participación en el trabajo de campo. Esta contribución fue financiada por el CONACyT y el Doctorado en Ecología del Centro de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

LITERATURA CITADA

Batschelet, E. 1981. Cicular statistics in biology. Academic Press. London. 371 pp.

Becerra-Rodríguez, S., F. Barrientos-Pérez y D. Díaz-Montenegro. 1976. Eficiencia fotosintética del nopal (*Opuntia* spp.) en relación con la orientación de sus cladodios. Agrociencia 24: 67-77.

Bravo-Hollis, H. 1978. Las cactáceas de México. Vol. 1. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 743 pp.

Daubenmiere, R. F. 1979. Ecología vegetal: Tratado de autoecología de las plantas. Limusa-Wiley. México. 496 pp.

Ehleringer, J. R. y K. S. Werk. 1986. Modifications of solar- radiation absorption pattterns and implications for carbon gain at the leaf level. In: Givnish, T.J. (ed.). On the economy of plant form and function. Cambridge University Press. Cambridge. pp.57-82.

Ezcurra, E., C. Montaña y S. Arizaga. 1991. Architecture, light interception, and distribution of *Larrea* species in the Monte Desert, Argentina. Ecology 72: 23-34.

Gates, D. M., R. Aldefer y E. Taylor. 1968. Leaf temperatures of desert plants. Science 159: 994-995.

Gibbs, J. G. y D. T. Patten. 1970. Plant temperature and heat flux in a Sonoran desert ecosystem. Oecologia 5: 165-184.

Hadley, N. F. 1972. Desert species and adaptation. Am. Sci. 60: 338-347.

Monsi, M., Z. Uchijima y E. S. Spalding. 1973. Structure of foliage canopies and photosynthesis. Annu. Rev. Ecol. Syst. 4: 301-327.

Moss, D. N. y R. B. Musgrave. 1971. Photosynthesis and crop production. Adv. Agron. 23: 317-336.

Nobel, P. S. 1977. Water relations and photosynthesis of a barrel cactus, *Ferocactus acanthodes,* in the Colorado Desert. Oecologia 27: 117-133.

Nobel, P. S. 1978. Surface temperatures of cacti - influences of environmental and morphological factors. Ecology 59: 986-996.

Nobel, P. S. 1980a. Interception of photosynthetically active radiation by cacti of different morphology. Oecologia 45: 160-166.

Nobel, P. S. 1980b. Morphology, surface temperatures, and northern limits of columnar cacti in the Sonoran desert. Ecology 61: 1-17.

Nobel, P. S. 1981. Influences of photosynthetically active radiation on cladode orientation, stem tilting, and height of cacti. Ecology 62: 982-990.

Nobel, P. S. 1982a. Orientation of terminal cladodes of platyopuntias. Bot. Gaz. 143: 219-224.

Nobel, P. S. 1982b. Orientation, PAR interception, and nocturnal acidity increases for terminal cladodes of a widely cultivated cactus, *Opuntia ficus-indica*. Am. J. Bot. 69: 1462-1469.

Nobel, P. S. 1986. Form and orientation in relation to PAR interception by cacti and agaves. In: Givnish, T. J. (ed.). On the economy of plant form and function. Cambridge University Press. Cambridge. pp.83-101.

Street, H. E. y H. Opik. 1984. The physiology of flowering plants. Edward Arnold. London. 279 pp.

Acta Botánica Mexicana (1992), 19:73-75

ZEUGITES CAPILLARIS (POACEAE: CENTOTHECOIDEAE) NUEVO REGISTRO PARA VERACRUZ [1]

MARIA TERESA MEJIA-SAULES Y GONZALO CASTILLO-CAMPOS

Instituto de Ecología
Apartado Postal 63
91000 Xalapa, Veracruz

RESUMEN

Se registra por primera vez *Zeugites capillaris* (Hitchc.) Swallen para el Estado de Veracruz, especie colectada en los cerros de Jalcomulco.

ABSTRACT

Zeugites capillaris (Hitchc.) Swallen is reported for the first time from the state of Veracruz, on the basis of collections from Cerro of Jalcomulco.

En el proyecto Flora de Veracruz se está realizando el estudio taxonómico de las diferentes familias botánicas presentes en el Estado, así como estudios florísticos de algunas regiones del mismo. Con este fin se han efectuado colectas en diversos lugares, sobre todo los de difícil acceso, tal como la región de Jalcomulco, que se ha explorado en forma intensiva.

Durante la identificación del material colectado, correspondiente a la familia Poaceae, se encontraron ejemplares del género *Zeugites*, distintos de *Z. americana* var. *mexicana* (Kunth) McVaugh, única especie hasta ahora conocida para el estado de Veracruz. Este nuevo registro para la entidad se identificó como *Z. capillaris*, y se puede diferenciar facilmente de *Z. americana* var. *mexicana* por presentar espiguillas pistiladas gibosas con nervación lateral.

Zeugites capillaris presenta rizoma; láminas lanceoladas, de 18-21 cm de largo y de 40-43 mm de ancho; espiguilla gibosa con glumas obovadas, ápice redondeado-viloso, con nervación lateral; flósculo pistilado giboso, glabro, flósculos estaminados con lema ovado-lanceolada, ápice agudo, glabro (Fig. 1). Florece de agosto a septiembre.

Ejemplares examinados: Veracruz. Mpio. Jalcomulco, Jalcomulco, localizado a 30 km al S de Xalapa, *Castillo & Medina 2947* (XAL); *Mejía, Castillo & Medina 1211* (XAL).

---

[1] Trabajo realizado con el apoyo económico del CONACyT. Proyecto D112-904011.

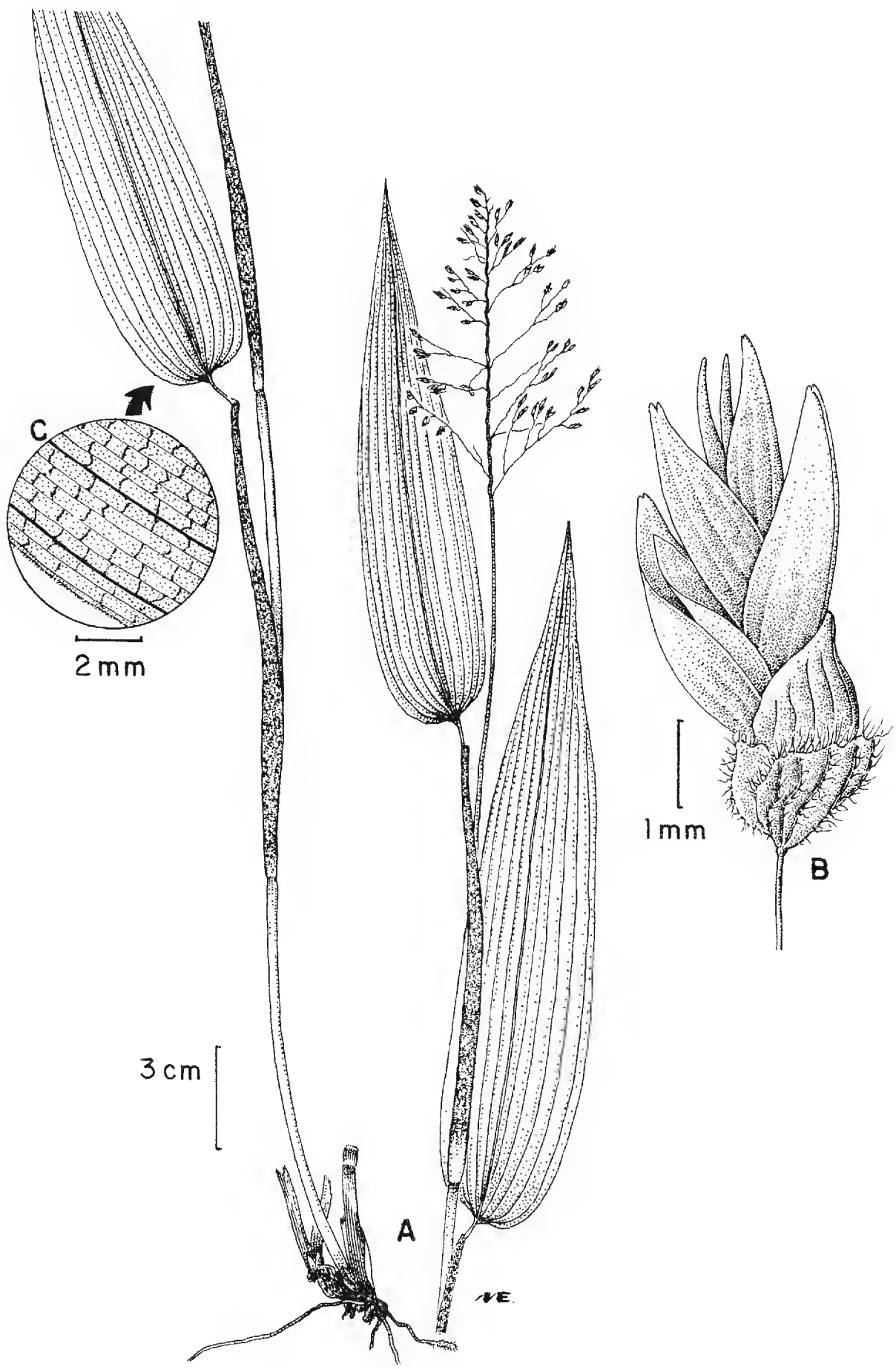

Fig. 1. *Zeugites capillaris* (Hitchc.) Swallen. A. Hábito; B. Espiguilla con flósculo pistilado (abajo) y flósculos estaminados (arriba); C. Detalle de la nervación teselada. Basada en el ejemplar *Mejía, Castillo & Medina 1211.*

Esta especie está considerada como endémica de México, su área de distribución hasta ahora conocida comprende los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero y Estado de México (Beetle, 1987; Tenorio, 1976). En Jalcomulco, Ver. se encuentra formando pequeñas poblaciones en el estrato herbáceo de la selva baja caducifolia asociada con *Bursera simaruba* (L.) Sarg., *Cochlospermum vitifolium* (Willd.) Sprengel, *Comocladia engleriana* Loes., *Plumeria rubra* L., a una altitud de 500m s.n.m., desarrollándose sobre afloramientos rocosos calizos, donde los suelos predominantes son rendzinas.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Jesús Valdés, al Dr. Víctor Rico-Gray y a la Biól. Mónica Palacios-Rios por la revisión y sugerencias realizadas al manuscrito.

LITERATURA CITADA

Beetle, A. A. 1987. Noteworthy grasses from Mexico. XIII. Phytologia 63(4): 209-297.

Tenorio, E. 1976. The subfamily Centothecoideae (Gramineae). PhD. Dissertation. University of Maryland. College Park. pp. 199-204.

Acta Botánica Mexicana (1992), 19:77-84

ADICIONES A LA FLORA MARINA DEL CARIBE MEXICANO

LUIS E. AGUILAR ROSAS

Universidad Autónoma de Baja California
Instituto de Investigaciones Oceanológicas
Apdo. Postal 453, Ensenada, Baja California, México

MARCO A. AGUILAR ROSAS
ANTONIO GOMEZ PEDROSO CEDILLO
JESUS ANTONIO FERNANDEZ PRIETO

Centro de Investigaciones de Quintana Roo, A. C.
A. P. 424, Chetumal, Quintana Roo, México

RESUMEN

Se determinan 21 especies y una variedad de algas marinas bentónicas como nuevos registros para el Caribe Mexicano en las costas de Quintana Roo, México.

ABSTRACT

21 species and one variety of marine benthic algae are reported for the first time for the Mexican Caribbean on the coast of Quintana Roo, México.

INTRODUCCION

El Caribe mexicano, en las costas de Quintana Roo, ha sido objeto de estudios ficológicos los cuales prácticamente se inician con el trabajo de Huerta-Múzquiz (1958) en Cozumel e Isla Mujeres. Taylor (1972) cita algunas especies de algas colectadas durante la expedición Smithsonian-Bredin a las costas de la Península de Yucatán. Garza-Barrientos (1975) realiza un estudio sobre la flora marina en varias localidades a lo largo de la costa de Quintana Roo. Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos (1980) presentan una lista de 200 especies de algas, incluyendo cianoficeas, en su trabajo de las algas de la región de Chetumal, Xcalak y Banco Chinchorro, en el sur del estado.

En la compilación de información de la flora marina de la Península de Yucatán (Huerta-Múzquiz et al., 1987) encuentran un total de 412 especies y taxa infraespecíficos de algas para la costa de Quintana Roo, incluyendo las islas Contoy, Mujeres y Cozumel así como Banco Chinchorro; el material ficológico correspondiente se encuentra depositado en el herbario ENCB.

Colectas recientes llevadas a cabo en los alrededores de Puerto Morelos y en la Bahía de la Ascensión indican la presencia de 21 especies y una variedad de algas marinas que representan nuevos registros para el Caribe Mexicano en las costas de Quintana Roo.

MATERIALES Y METODOS

Se realizaron colectas de algas en los alrededores de Puerto Morelos (Fig. 1) y en la Bahía de la Ascensión (Fig. 2), en la zona infralitoral utilizando buceo SCUBA.

Con el fin de abarcar el mayor número de ambientes posibles, se localizaron 10 sitios de muestreo a lo largo de aproximadamente 18 km de costa en Puerto Morelos y en Bahía de la Ascención otros 12 distribuidos a lo largo de la bahía.

Las especies fueron separadas en el laboratorio e identificadas siguiendo principalmente los trabajos de Börgesen (1913-1920), Taylor (1960), Chapman (1961, 1963), Joly (1965, 1967), Oliveira-Filho (1969) y Cordeiro-Marinho (1978).

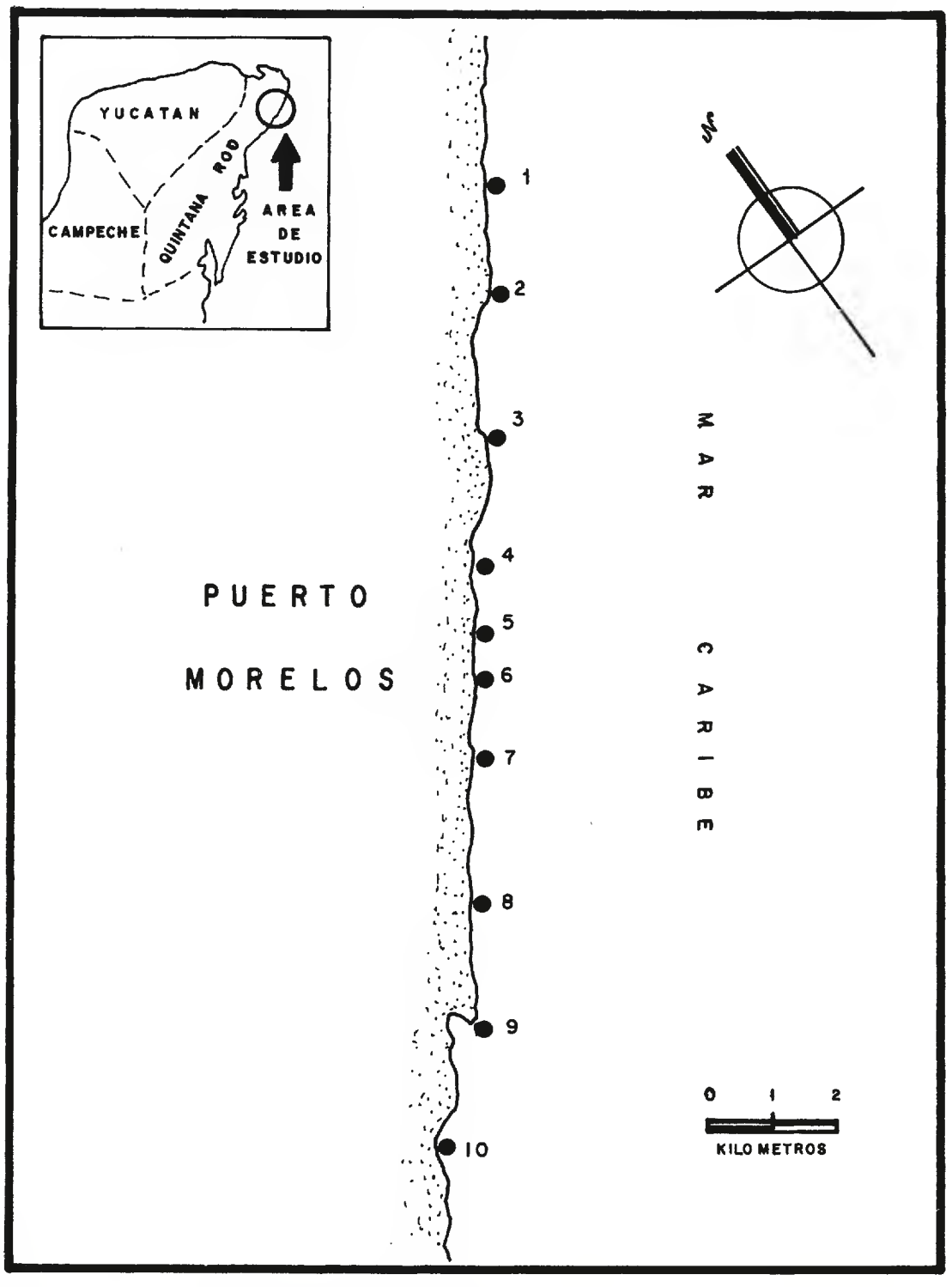

Fig. 1. Localización del área de estudio y sitios de muestreo en Puerto Morelos, Quintana Roo.

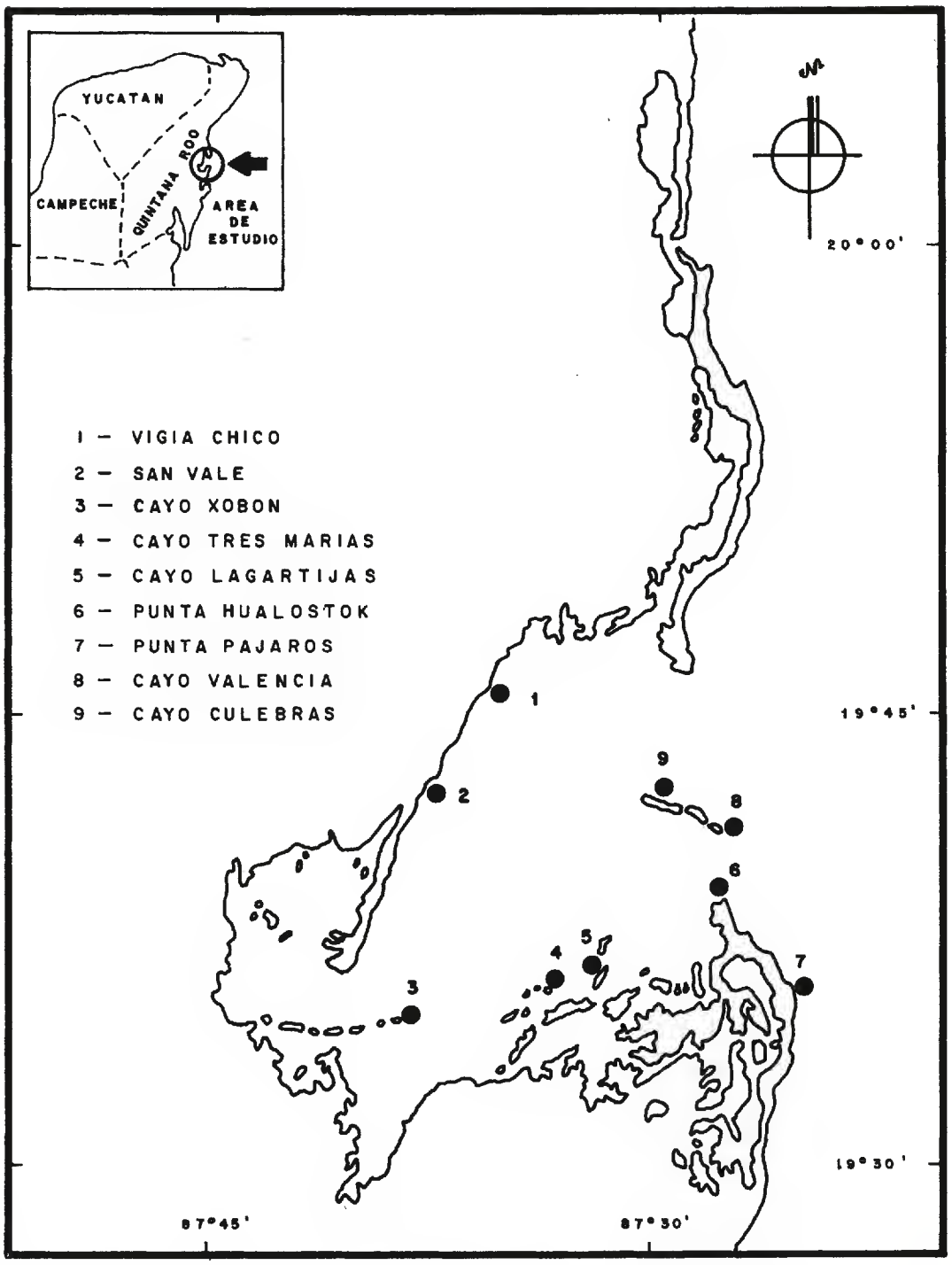

Fig. 2. Localización del área de estudio y sitios de muestreo en la Bahía de la Ascención, Quintana Roo.

RESULTADOS

La siguiente lista sistemática fue preparada siguiendo el esquema utilizado por Wynne (1986) e incluye localidad, número y fecha de colecta. Las colectas fueron realizadas por Antonio Gómez-Pedroso (AGP) y Luis E. Aguilar-Rosas, en Puerto Morelos, y por Jesús Fernández Prieto (JFP) y Luis E. Aguilar-Rosas en Bahía de la Ascensión.

De las 21 especies encontradas dos ya habían sido registradas para la costa Atlántica de México: *Siphonocladus rigidus* para Arrecife Alacranes, Yucatán, e *Hypneocolax stellaris* para Campeche por Huerta-Múzquiz et al. (1987).

CHLOROPHYTA

Siphonocladales
Siphonocladaceae

Siphonocladus tropicus (P. & H. Crouan) J. Agardh
Material revisado: Cayo Xobon, JFP-417, 25.VI.86.

Siphonocladus rigidus Howe
Material revisado: Puerto Morelos-4, AGP-763, 10.IV.86; Puerto Morelos-2, AGP-1410, 22.VI.86; Vigía Chico, JFP-208, 30.IV.86; Vigía Chico, JFP-299, 24.VI.86.

Cladophorales
Cladophoraceae

Bryopsis halliae W. Taylor
Material revisado: Cayo Valencia, JFP-175, 30.IV.86.

Cladophora jongiorum Van den Hoek
Material revisado: Cayo Lagartijas, JFP-248, 31.IV.86.

Caulerpales
Caulerpaceae

Caulerpa lanuginosa J. Agardh
Material revisado: Puerto Morelos-6, AGP-470, 23.II.86; Puerto Morelos-2, AGP-899, 11.IV.86; Puerto Morelos-3, AGP-921, 11.IV.86; Puerto Morelos-6, AGP-659, 10.IV.86; Puerto Morelos-6, AGP-1050, 18.VI.86; Puerto Morelos-1, AGP-1227, 20.VI.86; Puerto Morelos-5, AGP-1352, 21.VI.86.

Udoteaceae

Halimeda lacrimosa Howe
Material revisado: Puerto Morelos-1, AGP-346, 21.II.86; Puerto Morelos-3, AGP-291, 20.II.86; Puerto Morelos-4, AGP-256, 19.II.86; Puerto Morelos-5, AGP-428, 22.II.86; Puerto Morelos-7, AGP-236, 17.II.86; Puerto Morelos-1, AGP-831, 11.IV.86; Puerto Morelos-3, AGP-967, 16.IV.86; Puerto Morelos-4, AGP-722, 10.IV.86; Puerto Morelos-7, AGP-579, 9.IV.86; Puerto Morelos-1, AGP-1210, 20.VI.86; Puerto Morelos-4, AGP-1333, 20.VI.86; Puerto Morelos-7, AGP-996, 18.VI.86; Puerto Morelos-10, AGP-1138, 19.VI.86.

PHAEOPHYTA

Chordariales
Chordariaceae

Cladosiphon occidentalis Kylin
Material revisado: Puerto Morelos-7, AGP-212, 17.II.86.

RHODOPHYTA

Corallinales
Corallinaceae

Haliptilon subulatum (Ellis & Solander) Johansen
Material revisado: Puerto Morelos-9, AGP-150, 17.II.86.

Gigartinales
Hypneaceae

Hypneocolax stellaris Börgesen
Material revisado: Cayo Valencia, JFP-501, 25.VII.86.
Nota: Esta especie ha sido citada para Campeche por Huerta-Múzquiz et al. (1987).

Rhodymeniales
Champiaceae

Gastroclonium parvum (Hollenberg) Chang & Xia
Material revisado: Puerto Morelos-2, AGP-403, 22.II.86; Puerto Morelos-7, AGP-587, 9.IV.86; Puerto Morelos-4, AGP-1329, 20.VI.86; Cayo Lagartijas, JFP-250, 30.IV.86; Cayo Tres Marías, JFP-548, 25.VII.86; Punta Hualostok, JFP-347, 26.II.86; Cayo Tres Marías, JFP-279, 24.VI.86; Punta Pájaros, JFP-449, 3.VII.86; Cayo Valencia, JFP-78, 27.II.86; Punta Hualostok, JFP-163, 30.IV.86.
Nota: Chang y Xia (1978), incluyen al género *Coeloseira* como sinónimo taxonómico de *Gastroclonium*.

Rhodymeniaceae

Botryocladia pyriformis (Börgesen) Kylin
Material revisado: Vigía Chico, JFP-327, 25.II.86.
Nota: Recientemente Mateo-Cid y Mendoza-González (1991), registran esta especie para la Isla Cozumel.

Ceramiales
Ceramiaceae

Antithamnion cruciatum (C. Agardh) Nägeli
Material revisado: Puerto Morelos-4, AGP-1313, 20.VI.86.

Callithamnion cordatum Börgesen
Material revisado: Puerto Morelos-2, AGP-407, 22.II.86.

Grallatoria reptans Howe
Material revisado: Puerto Morelos-9, AGP-70, 17.II.86.

Wrangelia penicillata C. Agardh
Material revisado: Puerto Morelos-8, AGP-1182, 19.VI.86.
Nota: Recientemente Mateo-Cid y Mendoza-González (1991), registran esta especie para la Isla Cozumel.

Dasyaceae

Eupogodon antillarum (Howe) P.C. Silva
Material revisado: Puerto Morelos-1, AGP-785, 11.IV.86; Puerto Morelos-3, AGP-974, 16.IV.86; Puerto Morelos-9, AGP-549, 8.IV.86; Puerto Morelos-1, AGP-1249, 20.VI.86; Puerto Morelos-5, AGP-1362, 21.VI.86; Puerto Morelos-9, AGP-1158, 19.VI.86.

Rhodomelaceae

Chondria platyramea Joly & Ugadim
Material revisado: Puerto Morelos-10, AGP-22, 15.II.86; Puerto Morelos-7, AGP-1432, 17.II.86; Puerto Morelos-3, AGP-1268, 20.VI.86; Puerto Morelos-10, AGP-1121, 19.VI.86; Cayo Valencia, JFP-180, 30.IV.86; JFP-492, 25.VII.86.

Lophosiphonia cristata Falkenberg
Material revisado: Puerto Morelos-1, AGP-799, 11.IV.86; Puerto Morelos-3, AGP-951, 16.IV.86.

Polysiphonia breviarticulata (J. Agardh) Zanardini
Material revisado: Puerto Morelos-3, AGP-950, 16.IV.86; Cayo Valencia, JFP-77, 27.II.86; Cayo Culebras, JFP-101, 27.II.86; Cayo Lagartijas, JFP-246, 30.IV.86; Cayo Tres Marías, JFP-263, 30.IV.86; Cayo Valencia, 316, 25.II.86; Cayo Xobón, JFP-380, 26.II.86; Cayo Lagartijas, JFP-389, 26.II.86; Cayo Tres Marías, JFP-415, 26.II.86.

Polysiphonia eastwoodae Setchell & Gardner
Material revisado: Puerto Morelos-9, AGP-122, 17.II.86; Puerto Morelos-1, AGP-882, 11.IV.86.

Polysiphonia scopulorum var. *villum* (J. Agardh) Hollenberg
Material revisado: Puerto Morelos-3, AGP-324, 20.II.86; Puerto Morelos-2, AGP-910, 11.IV.86; Puerto Morelos-1, AGP-1229, 20.VI.86; Punta Hualostok, JFP-1335, 30.IV.86; San Vale, JFP-222, 30.IV.86; Vigía Chico, JFP-318, 25.II.86; Cayo Tres Marías, JFP-541, 25.VII.86.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Centro de Investigaciones de Quintana Roo, A. C. y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo financiero para la realización del presente trabajo. Se dan las gracias asimismo al Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de Baja Califonia, por el apoyo logístico, a la Bióloga Catalina Mendoza de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, por sus comentarios, y al Sr. Ramón Moreno por la elaboración de las figuras.

LITERATURA CITADA

Börgesen, F. 1913. The marine algae of the Danish West Indies. Part 1. Chlorophyceae. Dansk. Bot. Arkiv 1(4): 1-158 + 2, 126 figs, 1 mapa.

Börgesen, F. 1914. The marine algae of the Danish West Indies. Part 2. Phaeophyceae. Dansk. Bot. Arkiv 2(2): 1-66 + 2, 44 figs.

Börgesen, F. 1915-1920. The marine algae of the Danish West Indies. Part 3. Rhodophyceae. Dansk. Bot. Arkiv 3(a-f): 1- 504, 435 figs.

Cordeiro-Marinho, M. 1978. Rodoficeas bentónicas marinhas do Estado de Santa Catarina. Rickia 7: 1-243.

Chang, C. F., y B. M. Xia. 1978. A new species of *Gastroclonium* from the Xisha Island. Oceanologia Limnnologia Sinica 9: 213-214.

Chapman, V. J. 1961. The marine algae of Jamaica. Part 1: Myxophyceae and Chlorophyceae. Bull. Inst. Jamaica, Sci. Ser. 12(1): 1-159.

Chapman, V. J. 1963. The marine algae of Jamaica. Part 2: Phaeophyceae and Rhodophyceae. Bull. Inst. Jamaica, Sci. Ser. 12(2): 1-201.

Garza-Barrientos, M. A. 1975. Primeras consideraciones referentes sobre la flora marina del sureste de la República Mexicana. Memorias del II Simposio Latinoamericano sobre Oceanografía Biológica. Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela. Vol. I. 25 pp.

Huerta-Múzquiz, L. 1958. Contribución al conocimiento de las algas de los bajos de la Sonda de Campeche, Cozumel e Isla Mujeres. An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Méx. 9(1-4): 115-123, 6-9 figs.

Huerta-Múzquiz, L. y M. Garza-Barrientos. 1980. Contribución al conocimiento de la flora marina de la parte sur del litoral de Quintana Roo, México. An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Méx. 23: 25-44.

Huerta-Múzquiz, L., A. C. Mendoza-González y L. E. Mateo-Cid. 1987. Avance sobre un estudio de las algas marinas de la Península de Yucatán. Phytologia 62: 23-53.

Joly, A. B. 1965. Flora marinha do littoral Norte do Estado de São Paulo e regiones circunvizinhas. Boletin Fac. Fil. Cienc. e Letras da Universidade de São Paulo. Botanica 21: 1-393.

Joly, A. B. 1967. Generos de algas marinhas da costa Atlantica Latinoamericana. Universidade de São Paulo, São Paulo. 464 pp.

Mateo-Cid, L. E. y A. C. Mendoza-González. 1991. Algas marinas bénticas de la Isla Cozumel, Quintana Roo, México. Acta Bot. Mex. 16: 57-87.

Oliveira-Filho, E. C. 1969. Algas marinhas do Sul do Estado do Espiritu Santo (Brasil). I. Ceramiales. Boletin Fac. Fil. Cienc. e Letras da Universidade de São Paulo. Botanica 26: 1-277.

Taylor, W. R. 1960. Marine algae of the eastern tropical and subtropical coast of the Americas. Univ. Mich. Press. Ann Arbor. 870 pp.

Taylor, W. R. 1972. Marine algae of the Smithsonian-Bredin expedition to Yucatan. 1960. Bull. Mar. Sci. 22(1): 34-44.

Wynne, M. J. 1986. A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical western Atlantic. Can. Journ. Bot. 64: 2239-2281.

CONSEJO EDITORIAL INTERNACIONAL (CONT.)

Carlos Eduardo de Mattos Bicudo	Instituto de Botanica, Sao Paulo, Brasil
Rogers McVaugh	University of North Carolina, Chapel Hill, North Carolina, E.U.A.
John T. Mickel	The New York Botanical Garden, Bronx, New York, E.U.A.
Rodolfo Palacios	Instituto Politécnico Nacional, México, D.F., México
Manuel Peinado	Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares, España
Henri Puig	Université Pierre et Marie Curie, Paris, Francia
Peter H. Raven	Missouri Botanical Garden, St. Louis, Missouri, E.U.A.
Richard E. Schultes	Botanical Museum of Harvard University, Cambridge, Massachusetts, E.U.A.
Aaron J. Sharp	The University of Tennessee Knoxville, Knoxville, Tennessee, E.U.A.
Paul C. Silva	University of California, Berkeley, California, E.U.A.
Rolf Singer	Field Museum of Natural Histiry, Chicago, Illinois, E.U.A.
A.K. Skvortsov	Academia de Ciencias de la U.R.S.S., Moscú, U.R.S.S.
Th. van der Hammen	Universiteit van Amsterdam, Kruislaan, Amsterdam, Holanda
J. Vassal	Université Paul Sabatier, Toulouse Cedex, Francia
Carlos Vázquez Yanes	Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., México

COMITE EDITORIAL

Editor: Jerzy Rzedowski Rotter
Graciela Calderón de Rzedowski
Victoria Sosa
Sergio Zamudio Ruiz
Producción Editorial: Rosa Ma. Murillo

Esta revista aparece gracias
al apoyo económico otorgado por
el Consejo Nacional de Ciencia
y Tecnología, México.

Toda correspondencia referente a
suscripción, adquisición de
números o canje, debe dirigirse a:

ACTA BOTANICA MEXICANA

Instituto de Ecología
Centro Regional del Bajío
Apartado Postal 386
61600 Pátzcuaro, Michoacán
México

Suscripción anual:

México $ 25,000.00
Extranjero $ 15.00 U.S.D.